



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

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

(11)



1-0045879

(51)^{2020.01} C21D 9/46; C21D 8/12; C22C 38/00; (13) B
H01F 1/147; C22C 38/04; C22C 38/06;
C22C 38/16; C21D 6/00; C22C 38/02

(21) 1-2020-03704

(22) 15/02/2019

(86) PCT/JP2019/005668 15/02/2019

(87) WO 2019/160108 A1 22/08/2019

(30) 2018-026103 16/02/2018 JP

(45) 26/05/2025 446

(43) 25/02/2021 395A

(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) 1-2020-03704

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học như sau, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Si: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%, Al: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, Mn: 0,10% đến 2,00%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, một hoặc nhiều nguyên tố thuộc nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn và Cd có tổng hàm lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0003% và nhỏ hơn 0,0015%, tham số Q được thể hiện bằng $Q=[Si]+2\times[Al]-[Mn]$: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00; 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 bởi công thức $R=(I100+I310+I411+I521)/(I111+I211+I332+I221)$ là lớn hơn hoặc bằng 0,80. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép điện không định hướng được sử dụng cho các lõi động cơ, chẳng hạn. Các tấm thép điện không định hướng cần có các đặc tính từ vượt trội như độ cảm ứng từ cao. Mặc dù nhiều kỹ thuật chẳng hạn như các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 đến 9 đã được đề xuất nhưng rất khó để thu được độ cảm ứng từ đủ.

Tài liệu kỹ thuật đã biết

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số H2-133523

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số H5-140648

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số H6-057332

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2002-241905

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2004-197217

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2004-332042

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2005-067737

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2011-140683

Tài liệu sáng chế 9: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2010-1557

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng có thể đạt được độ cảm ứng từ cao hơn mà không kèm theo sự tổn hao sắt trở nên xấu hơn, và phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết các vấn đề nêu trên. Kết quả, họ đã phát hiện thấy rằng điều quan trọng là tạo ra mối tương quan giữa thành phần hóa học và định hướng tinh thể. Các nhà sáng chế cũng phát hiện thấy rằng mối tương quan này nên được duy trì trên toàn bộ chiều dày của tấm thép điện không định hướng. Nhìn chung, tính đẳng hướng của kết cấu trong tấm thép được cán là cao trong vùng gần bề mặt được cán, và được làm giảm khi khoảng cách từ bề mặt được cán tăng lên. Ví dụ, trong sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 9, dữ liệu thử nghiệm được 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 đã tìm ra rằng cần ưu tiên kiểm soát định hướng tinh thể ngay cả trong tấm thép điện không định hướng.

Trong tài liệu sáng chế 9, định hướng tinh thể tập trung gần định hướng hình lập phương gần lớp bề mặt của tấm thép, trong khi kết cấu sợi gamma được phát triển trong lớp trung tâm của tấm thép. Tài liệu sáng chế 9 mô tả đặc điểm mới là kết cấu khác biệt lớn giữa lớp bề mặt của tấm thép và lớp trung tâm của tấm thép. Thông thường, trong trường hợp mà tấm thép đã cán được ủ và kết tinh lại, định hướng tinh thể tập trung 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 trong lớp trung tâm của tấm thép. Ví dụ, trong tài liệu "Effects of Cold Rolling Conditions on r-Value of Ultra Low Carbon Cold Rolled Steel Sheet", của Hashimoto và cộng sự, Iron and Steel, Tập 76, Số 1 (1990), trang 50, trong tấm thép thu được nhờ cán nguội thép 0,0035% C-0,12% Mn-0,001% P-0,0084% S-0,03% Al-0,11% Ti ở mức giảm cán là 73%, và sau đó bằng cách ủ tấm thép trong 3 giờ ở nhiệt độ 750°C, (222) được làm tăng lên, (200) được làm giảm xuống, và (110) được làm giảm ở trung tâm theo chiều dày của tấm khi so sánh với các định hướng này trong lớp bề mặt.

Tác giả sáng chế tìm ra rằng không chỉ cần tập trung định hướng tinh thể gần định hướng hình lập phương $\{200\}$ gần lớp bề mặt của tấm thép, mà còn cần tập trung định hướng tinh thể gần $\{200\}$ trong lớp trung tâm của tấm thép.

Cũng được thấy rằng trong việc sản xuất tấm thép điện không định hướng như vậy, trong quá trình thu được dải thép như dải thép cán nóng để cho tham gia cán nguội, cần kiểm soát tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình trong quá trình đúc hoặc sự hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, kiểm soát mức giảm cán của quá trình cán nguội, và kiểm soát sức căng của tấm và tốc độ làm nguội trong quá trình ủ hoàn thiện.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành thêm các nghiên cứu chuyên sâu dựa trên các phát hiện như vậy, và kết quả là tìm ra các khía cạnh sau đây của sáng chế.

(1) Tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế chứa các nguyên tố sau đây làm thành phần hóa học, theo % khối lượng: C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; Si: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%; Al: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%; Mn: 0,10% đến 2,00%; S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%; một hoặc nhiều nguyên tố thuộc nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn và Cd: lớn hơn hoặc bằng 0,0003% và nhỏ hơn 0,0015% về tổng thể; tham số Q được thể hiện bằng công thức 1 trong đó [Si] thể hiện hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] thể hiện hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (% khối lượng) : nhỏ hơn hoặc bằng 2,00; 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 công thức 2 trong đó I_{100} , I_{310} , I_{411} , I_{521} , I_{111} , I_{211} , I_{332} , và I_{221} tương ứng thể hiện 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 giữa theo chiều dày, là lớn hơn hoặc bằng 0,80.

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

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

(2) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục (1), trong thành phần hóa học, hoặc hàm lượng là 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 mục (1) hoặc (2), phương pháp này bao gồm các bước: đúc liên tục thép nóng chảy; cán nóng thép mà thu được nhờ đúc liên tục; cán nguội dải thép mà thu được nhờ cán nóng; và ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội, mà trong đó thép nóng chảy có thành phần hóa học theo mục (1) hoặc (2), dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và mức giảm cán trong quá trình cán nguội là ít hơn hoặc bằng 90%.

(4) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (3),

trong bước đúc liên tục, chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thỏi thép trong khi hóa rắn có thể là cao hơn hoặc bằng 40°C.

(5) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (3) hoặc (4), trong bước cán nóng, nhiệt độ bắt đầu cán nóng có thể là 900°C hoặc thấp hơn, và nhiệt độ cuộn đối với dải thép có thể là thấp hơn hoặc bằng 650°C.

(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 bước ủ hoàn thiện, sức căng của tấm có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh khác của sáng chế là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2), bao gồm hóa rắn nhanh thép nóng chảy; cán nguội dải thép thu được nhờ hóa rắn nhanh; và ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội, mà trong đó thép nóng chảy có thành phần hóa học theo mục (1) hoặc (2), dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ là 80% hoặc nhiều hơn theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và mức giảm cán trong bước cán nguội là ít hơn hoặc bằng 90%.

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

(9) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (7) hoặc (8), trong bước hóa rắn nhanh, thép nóng chảy có thể được hóa rắn nhờ sử dụng vách làm nguội di động, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép có thể là từ 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), sức căng của tấm trong bước ủ hoàn thiện có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ 950°C thành 700°C có thể là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, do mối tương quan thích hợp được tạo ra giữa thành phần hóa học và định hướng tinh thể, có thể thu được độ cảm ứng từ cao mà không kèm theo sự thoái biến là tổn hao sắt.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Đầu tiên, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng theo một 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 sẽ được mô tả sau đây, nhưng tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được sản xuất qua quá trình đúc và cán nóng của thép nóng chảy hoặc quá trình hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, cán nguội, ủ hoàn thiện, và tương tự. Theo đó, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và thép nóng chảy được đề cập xem xét đến không chỉ các đặc tính của tấm thép điện không định hướng mà cả các xử lý. Trong phần mô tả sau đây, “%”, mà là đơn vị của lượng của mỗi nguyên tố có trong tấm thép điện không định hướng hoặc thép nóng chảy, nghĩa là “% khối lượng” trừ khi có chỉ dẫn khác. Tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học như sau, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Si: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%, Al: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, Mn: 0,10% đến 2,00%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, một hoặc nhiều nguyên tố thuộc nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn và Cd: lớn hơn hoặc bằng 0,0003% và nhỏ hơn 0,0015% về tổng thể, tham số Q được thể hiện bằng công thức 1 trong đó [Si] thể hiện hàm lượng Si (% khối lượng), [Al] thể hiện hàm lượng Al (% khối lượng), và [Mn] thể hiện hàm lượng Mn (% khối lượng) : nhỏ hơn hoặc bằng 2,00, Sn: 0,00% đến 0,40%, Cu: 0,00% đến 1,00%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất. Các ví dụ về các tạp chất bao gồm các loại có trong các vật liệu thô như quặng và kim loại vụn, và các loại có trong các bước sản xuất.

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

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

C làm tăng tổn hao sắt, hoặc gây ra già hóa từ. Vì vậy, hàm lượng C càng thấp thì càng tốt, và cần thiết đặt 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 như vậy là khác thường trong

trường hợp mà hàm lượng C là lớn hơn 0,0030%. Theo đó, hàm lượng C là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Giới hạn trên của hàm lượng C có thể là 0,0028%, 0,0025%, 0,0022% hoặc 0,0020%.

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

Như đã biết, Si là thành phần đóng vai trò làm giảm tổn hao sắt, và được chứa để thể hiện tác dụng này. Trong trường hợp mà hàm lượng Si là nhỏ hơn 0,30% thì tác dụng làm giảm tổn hao sắt không được thể hiện đủ. Theo đó giới hạn dưới của hàm lượng Si là 0,30%. Ví dụ, giới hạn dưới của hàm lượng Si có thể là 0,90%, 0,95%, 0,98%, hoặc 1,00%. Trong trường hợp mà hàm lượng Si được tăng lên thì độ cảm ứng từ được làm giảm. Ngoài ra, khả năng gia công cán nguội, và chi phí cũng bị tăng lên. Theo đó, hàm lượng Si là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%. Giới hạn trên của hàm lượng Si có thể là 1,80%, 1,60%, 1,40% hoặc 1,10%.

Al: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%

Tương tự như Si, Al có tác dụng làm giảm tổn hao sắt bằng cách tăng điện trở. Ngoài ra, trong trường hợp mà Al được chứa trong tấm thép điện không định hướng, trong kết cấu thu được bằng sự kết tinh nguyên sinh, mặt phẳng song song với bề mặt tấm có khả năng là mặt phẳng mà trong đó các tinh thể của mặt phẳng {100} (sau đây còn được gọi là tinh thể "{100}") được phát triển. Al được chứa để cải thiện tác dụng này. Ví dụ, giới hạn dưới của hàm lượng Al có thể là 0%, 0,01%, 0,02%, hoặc 0,03%. Trong trường hợp mà hàm lượng Al là lớn hơn 1,00% thì độ cảm ứng từ được làm giảm như trong trường hợp của Si. Theo đó, hàm lượng Al là nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%. Giới hạn trên của hàm lượng Al có thể là 0,50%, 0,20%, 0,10% hoặc 0,05%.

Mn: 0,10% đến 2,00%

Mn làm tăng điện trở, nhờ đó làm giảm tổn hao dòng điện xoáy, và như vậy làm giảm tổn hao sắt. Trong trường hợp mà Mn được chứa, trong kết cấu thu được bằng sự kết tinh nguyên sinh, mặt phẳng song song với bề mặt tấm có khả năng là mặt phẳng mà trong đó tinh thể {100} phát triển. Tinh thể {100} là thích hợp để cải thiện sự đồng đều của các đặc tính từ ở tất cả các hướng trong bề mặt tấm. Hàm lượng Mn càng cao thì nhiệt độ kết tủa MnS càng cao, và MnS kết tủa càng rộng. Theo đó, hàm lượng Mn càng cao thì MnS nhỏ càng ít mà gây cản trở sự kết tinh lại và sự phát triển của hạt tinh thể trong quá trình ủ hoàn thiện và có cỡ hạt khoảng 100nm có khả năng kết tủa. Trong

trường hợp mà hàm lượng Mn là nhỏ hơn 0,10%, các tác dụng và hiệu quả này không thể thu được đủ. Theo đó, hàm lượng Mn là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Giới hạn dưới của hàm lượng Mn có thể là 0,12%, 0,15%, 0,18% hoặc 0,20%. Trong trường hợp mà hàm lượng Mn là lớn hơn 2,00% thì các hạt không phát triển đủ trong quá trình ủ hoàn thiện, và tổn hao sắt tăng lên. Theo đó, hàm lượng Mn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%. Giới hạn trên của hàm lượng Mn có thể là 1,00%, 0,50%, 0,30%, hoặc 0,25%.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

S không phải là nguyên tố cần thiết, và được chứa dưới dạng tạp chất trong thép, chẳng hạn. S cản trở sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ hoàn thiện bằng sự kết tủa của MnS nhỏ. Theo đó, hàm lượng S càng thấp thì càng tốt. Trong trường hợp mà hàm lượng S là lớn hơn 0,0030% thì tổn hao sắt bị tăng đáng kể. Theo đó, hàm lượng S là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Không cần thiết quy định cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng S, và giới hạn dưới của hàm lượng S có thể là, ví dụ 0%, 0,0005%, 0,0010% hoặc 0,0015%.

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, và Cd với hàm lượng tổng là lớn hơn hoặc bằng 0,0003% và nhỏ hơn 0,0015%)

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 của thép nóng chảy, và tạo thành các kết tủa của sulfua và/hoặc oxysulfua. Sau đây, Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn và Cd có thể được đề cập chung là “nguyên tố tạo thành kết tủa thô”. Cỡ hạt của các kết tủa của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là khoảng từ 1 μ m đến 2 μ m, mà lớn hơn nhiều so với cỡ hạt (khoảng 100nm) của các kết tủa nhỏ như MnS, TiN và AlN. Theo đó, các kết tủa nhỏ này bám vào các kết tủa của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô, và khó mà cản trở sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ hoàn thiện. Trong trường hợp mà tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là nhỏ hơn 0,0003% thì không thu được các tác dụng và hiệu quả này một cách ổn định. Theo đó, tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là lớn hơn hoặc bằng 0,0003%. Giới hạn dưới của tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô có thể là 0,0005%, 0,0007%, 0,0008% hoặc 0,0009%. Trong trường hợp mà tổng lượng các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là lớn hơn hoặc bằng 0,0015% thì các kết tủa của các sulfua và/hoặc oxysulfua có thể cản trở sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ hoàn thiện. Theo đó, tổng lượng của các nguyên

tổ tạo thành kết tủa thô là nhỏ hơn 0,0015%. Giới hạn trên của tổng lượng các nguyên tố tạo thành kết tủa thô có thể là 0,0014%, 0,0013%, 0,0012% hoặc 0,0010%.

Theo các kết quả thử nghiệm của các tác giả sáng chế, miễn là lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô nằm trong khoảng nêu trên thì thể hiện một cách đáng tin cậy hiệu quả do các kết tủa thô, và các hạt của tấm thép điện không định hướng được phát triển đủ. Theo đó, cần giới hạn cụ thể dạng và các thành phần của các kết tủa thô được tạo thành bằng các nguyên tố tạo thành kết tủa thô. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, tổng khối lượng của S có trong sulfua hoặc oxysulfua của nguyên tố tạo thành kết tủa thô tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 40% tổng khối lượng của S có trong tấm thép điện không định hướng. Như được mô tả nêu trên, nguyên tố tạo thành kết tủa thô phản ứng với S trong thép nóng chảy trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, và tạo thành các kết tủa của các sulfua và/hoặc oxysulfua. Theo đó, thực tế là tỷ lệ của tổng khối lượng của S có trong sulfua hoặc oxysulfua của nguyên tố tạo thành kết tủa thô trên tổng khối lượng của S có trong tấm thép điện không định hướng là cao nghĩa là lượng đủ của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô được chứa trong tấm thép điện không định hướng, và các kết tủa nhỏ như MnS bám dính hiệu quả vào các kết tủa. Theo đó, tỷ lệ nêu trên càng cao thì sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ hoàn thiện càng được cải thiện nhiều, và thu được các đặc tính từ vượt trội. Tỷ lệ nêu trên có thể được cải thiện bằng cách kiểm soát các điều kiện sản xuất trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh của thép nóng chảy được mô tả sau đây, chẳng hạn.

Tham số Q: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00

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

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

Bằng cách điều chỉnh tham số Q đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,00, sự chuyển đổi từ austenit thành ferit (sự chuyển đổi $\gamma \rightarrow \alpha$) có thể xảy ra trong quá trình làm nguội sau quá trình đúc liên tục hoặc quá trình hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, và $\{100\}<0vw>$ kết cấu của các hạt hình trụ được mài thêm. Giới hạn trên của tham số Q có thể là 1,50%, 1,20%, 1,00%, 0,90% hoặc 0,88%. Không có nhu cầu giới hạn cụ thể giới hạn dưới của

tham số Q, và giới hạn dưới có thể là, ví dụ 0,20%, 0,40%, 0,80%, 0,82% hoặc 0,85%.

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

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

Sn và Cu phát triển các tinh thể thích hợp để cải thiện các đặc tính từ trong sự kết tinh nguyên sinh. Theo đó, trong trường hợp mà Sn và/hoặc Cu được chứa thì dễ dàng thu được kết cấu mà trong đó tinh thể {100} thích hợp để cải thiện sự đồng đều của các đặc tính từ theo tất cả các chiều trong bề mặt tấm được phát triển trong sự kết tinh nguyên sinh. Sn ngăn sự oxy hóa và nitro hóa bề mặt của tấm thép trong quá trình ủ hoàn thiện, hoặc ngăn sự thay đổi cỡ hạt. Theo đó, Sn và/hoặc Cu có thể được chứa. Để thu được các tác dụng và hiệu quả đủ, Sn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,02% và/hoặc Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. 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 mà hàm lượng Sn là lớn hơn 0,40% thì các tác dụng và hiệu quả nêu trên là bảo hòa, và như vậy chi phí tăng lên một cách vô ích, hoặc sự phát triển hạt trong quá trình ủ hoàn thiện được ngăn lại. Theo đó, hàm lượng Sn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%. Giới hạn trên của hàm lượng Sn có thể là 0,35%, 0,30% hoặc 0,20%. Trong trường hợp mà hàm lượng Cu là lớn hơn 1,00% thì tấm thép trở nên giòn, và như vậy khó để thực hiện cán nóng và cán nguội, hoặc khó để đưa tấm này qua dây chuyền ủ của quá trình ủ hoàn thiện. Theo đó, hàm lượng Cu là nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%. Giới hạn trên của hàm lượng Cu có thể là 0,80%, 0,60% hoặc 0,40%.

Tiếp theo, kết cấu của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Trong 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 thể hiện 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 giữa theo chiều dày, là lớn hơn hoặc bằng 0,80. Phần giữa theo chiều dày (thường có thể được đề cập là phần 1/2T) nghĩa là vùng ở độ sâu khoảng 1/2 của chiều dày tấm T của tấm thép điện không định hướng từ bề mặt được cán của tấm thép điện không định hướng. Theo cách khác,

phần giữa theo chiều dày nghĩa là mặt phẳng trung gian giữa cả hai bề mặt được cán của tấm thép điện không định hướng và vùng xung quanh đó.

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

{310}, {411} và {521} là 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} là 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 mà tham số R trong phần giữa theo chiều dày là nhỏ hơn 0,80 thì các đặc tính từ thoái biến, sao cho độ cảm ứng từ được làm giảm hoặc tổn hao sắt được làm tăng. Theo đó, trong hệ thành phần này, trong trường hợp mà độ dày, ví dụ là 0,50mm thì các đặc tính từ được thể hiện bằng độ cảm ứng từ B50_L theo chiều cán (chiều L): lớn hơn hoặc bằng 1,79 T, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo chiều cán và theo chiều rộng (chiều C): lớn hơn hoặc bằng 1,75 T, tổn hao sắt W15/50_L theo chiều cán: nhỏ hơn hoặc bằng 4,5W/kg, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo chiều cán và theo chiều rộng: nhỏ hơn hoặc bằng 5,0W/kg không được thể hiện. Tham số R trong phần giữa theo chiều dày có thể được điều chỉnh đến giá trị mong muốn bằng cách điều chỉnh, ví dụ sự chênh lệch giữa nhiệt độ mà tại đó thép nóng chảy được đổ ra bề mặt của vách làm nguội di động và nhiệt độ hóa rắn của thép nóng chảy, chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của tấm đúc trong quá trình hóa rắn, lượng sulfua hoặc oxysulfua được tạo ra, tỷ lệ cán nguội, và tương tự. Giới hạn dưới của tham số R trong phần giữa theo chiều dày có thể là 0,82, 0,85, 0,90, hoặc 0,95. Tham số R trong phần giữa theo chiều dày càng cao thì càng tốt. Theo đó, không cần thiết quy định giới hạn trên của tham số R, và giới hạn trên có thể là, ví dụ 2,00, 1,90, 1,80 hoặc 1,70.

Định hướng tinh thể của tấm thép điện không định hướng theo phương án này cần được kiểm soát như được mô tả nêu trên trong toàn bộ tấm. Tuy nhiên, tính đẳng hướng của kết cấu trong tấm thép được cán là cao trong vùng gần bề mặt được cán, và thường được làm giảm khi khoảng cách từ bề mặt được cán tăng lên. Ví dụ, trong tài liệu "Effects of Cold Rolling Conditions on r-Value of Ultra Low Carbon Cold Rolled Steel Sheet", của Hashimoto và cộng sự, Iron and Steel, Tập 76, Số 1 (1990), trang 50, trong tấm thép thu được nhờ cán nguội thép 0,0035% C-0,12% Mn-0,001% P-0,0084% S-0,03% Al-0,11% Ti ở mức giảm cán là 73%, và sau đó bằng cách ủ tấm thép trong 3 giờ ở nhiệt độ 750°C, (222) được làm tăng lên, (200) được làm giảm xuống, và (110)

được làm giảm ở trung tâm theo chiều dày của tấm khi so sánh với các định hướng này trong lớp bề mặt.

Theo đó, trong trường hợp mà tham số R là lớn hơn hoặc bằng 0,8 trong phần giữa theo chiều dày, mà là xa nhất từ bề mặt được cán thì mức độ tính đẳng hướng có thể được cải thiện trong các vùng khác là giống nhau hoặc cao hơn. Vì các nguyên nhân nêu trên, định hướng tinh thể của tấm thép điện không định hướng theo phương án này được định rõ trong phần giữa theo chiều dày.

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 giữa theo chiều dày có thể được đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD) hoặc phương pháp nhiễu xạ ngược điện tử (EBSD). Cụ thể là mặt phẳng song song với bề mặt được cán của tấm thép điện không định hướng ở chiều sâu khoảng 1/2 của độ dày tấm T từ bề mặt được cán được tiếp xúc bằng phương pháp thông thường và được cho tham gia phân tích XRD hoặc phân tích EBSD để đo mỗi cường độ định hướng tinh thể, và tham số R trong phần giữa theo chiều dày có thể được tính. Do cường độ nhiễu xạ của tia X và các chùm điện tử từ mẫu khác nhau đối với mỗi định hướng tinh thể, nên có thể thu được cường độ định hướng tinh thể dựa trên tỷ lệ tương ứng đối với mẫu định hướng ngẫu nhiên.

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 mà tấm thép điện không định hướng theo phương án này có, ví dụ độ dày là 0,50mm thì tấm thép điện không định hướng có thể thể hiện các đặc tính từ được thể hiện bằng độ cảm ứng từ B50_L theo chiều cán (chiều L): lớn hơn hoặc bằng 1,79 T, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo chiều cán và theo chiều rộng (chiều C): lớn hơn hoặc bằng 1,75 T, tổn hao sắt W15/50_L theo chiều cán: nhỏ hơn hoặc bằng 4,5W/kg, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo chiều cán và theo chiều rộng: nhỏ hơn hoặc bằng 5,0W/kg. Độ cảm ứng từ B50 là độ cảm ứng từ trong từ trường 5.000 A/m, và tổn hao sắt W15/50 là tổn hao sắt ở độ cảm ứng từ là 1,5T và tần số 50 Hz.

Tiếp theo, ví dụ về phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Tất nhiên là 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 đương với tấm thép điện không định hướng theo phương án này ngay cả trong trường hợp mà thu được nó bằng phương pháp khác ngoài phương pháp sản xuất được lấy làm ví dụ sau đây.

Đầu tiên, 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, quá trình đúc liên tục của thép nóng chảy, cán nóng, cán nguội, ủ hoàn thiện, và tương tự được thực hiện.

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

Ví dụ, tỷ lệ hạt hình trụ có thể được đo bằng quy trình sau đây. Đầu tiên, mặt cắt của dải thép được đánh bóng và được khắc bằng dung dịch ăn mòn gốc axit picric để lộ cấu trúc hóa rắn. Trong bản mô tả này, mặt cắt của dải thép có thể là mặt cắt L song song với chiều dọc của dải thép hoặc mặt cắt C vuông góc với chiều dọc của dải thép, và mặt cắt L thường được sử dụng. Trong mặt cắt này, trong trường hợp mà dendrit phát triển theo chiều dày tấm và thâm nhập toàn bộ chiều dày tấm, thì tỷ lệ hạt hình trụ được xác định là 100%. Trong trường hợp mà cấu trúc hạt đen (các hạt đẳng trục) ngoài dendrit là nhìn thấy được trong mặt cắt, thì giá trị thu được nhờ lấy tổng độ dày của tấm thép trừ đi độ dày của cấu trúc hạt và bằng cách chia kết quả của phép trừ đó cho tổng độ dày của tấm thép được định nghĩa là tỷ lệ hạt hình trụ của tấm thép.

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

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

Trong phương pháp sản xuất thứ nhất, ví dụ, chênh lệch nhiệt độ giữa một bề mặt và bề mặt còn lại của thỏi thép như tấm đúc trong khi hóa rắn được điều chỉnh đến lớn hơn hoặc bằng 40°C để điều chỉnh tỷ lệ hạt hình trụ đến lớn hơn hoặc bằng 80%. Chênh lệch nhiệt độ này có thể được kiểm soát bằng cấu trúc làm nguội, vật liệu, độ vát của khuôn, dòng chảy vào khuôn, và tương tự của khuôn. Trong trường hợp mà thép nóng chảy được đúc dưới điều kiện mà tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80%, sulfua và/hoặc oxysulfua của Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, hoặc Cd dễ dàng được tạo ra, và sự tạo thành các sulfua nhỏ như MnS bị ngăn lại.

Cỡ hạt trung bình của dải thép càng nhỏ thì số lượng các hạt càng nhiều và diện

tích các biên hạt càng rộng. Trong sự kết tinh lại trong quá trình ủ hoàn thiện, các tinh thể được phát triển từ bên trong các hạt và từ các biên hạt, mà trong đó tinh thể phát triển từ bên trong hạt là tinh thể $\{100\}$ là được mong muốn xét đến các đặc tính từ, và ngược lại, tinh thể phát triển từ biên hạt là tinh thể không mong muốn đối với các đặc tính từ, như tinh thể $\{111\}<112>$. Vì vậy, cỡ hạt trung bình của dải thép càng lớn thì tinh thể $\{100\}$ được mong muốn xét đến các đặc tính từ càng nhiều có khả năng phát triển trong quá trình ủ hoàn thiện, và cụ thể là, trong trường hợp mà cỡ hạt trung bình của dải thép là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm thì có khả năng thu được các đặc tính từ vượt trội. Vì vậy, cỡ hạt trung bình của dải thép là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm. Cỡ hạt trung bình của dải thép có thể được điều chỉnh bằng chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc trong quá trình đúc, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ 700°C hoặc cao hơn, nhiệt độ bắt đầu cán nóng, nhiệt độ cuộn, và tương tự. Trong trường hợp mà chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc trong quá trình đúc là 40°C hoặc cao hơn và tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ 700°C hoặc cao hơn là 10°C/phút hoặc thấp hơn thì thu được dải thép mà trong đó cỡ hạt trung bình của các hạt hình trụ được chứa trong dải thép là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm. Hơn nữa, trong trường hợp mà nhiệt độ bắt đầu cán nóng là 900°C hoặc thấp hơn và nhiệt độ cuộn là 650°C hoặc thấp hơn, các hạt chứa trong dải thép không được kết tinh lại và được kéo dài, và như vậy thu được dải thép mà đường kính hạt trung bình của nó 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 trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ bắt đầu đúc đến 700°C, và là giá trị thu được nhờ lấy chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu đúc và 700°C chia cho thời gian cần để làm nguội từ nhiệt độ bắt đầu đúc đến 700°C.

Tốt hơn là nguyên tố tạo thành kết tủa thô được đặt trên đáy của thùng chứa cuối cùng trước khi đúc trong quy trình luyện thép, và thép nóng chảy chứa nguyên tố ngoài nguyên tố tạo thành kết tủa thô được trút xuống thùng chứa để hòa tan nguyên tố tạo thành kết tủa thô trong thép nóng chảy. Theo đó, có thể khó để nguyên tố tạo thành kết tủa thô được phân tán từ thép nóng chảy, và để thúc đẩy phản ứng giữa nguyên tố tạo thành kết tủa thô và S. Thùng chứa cuối cùng trước khi đúc trong quy trình luyện thép, ví dụ là thùng chứa ngay trên thùng trung gian của máy đúc liên tục.

Trong trường hợp mà mức giảm cán của quá trình cán nguội là lớn hơn 90%, kết cấu mà cản trở sự cải thiện của các đặc tính từ, như kết cấu $\{111\}<112>$, có khả năng

phát triển trong quá trình ủ hoàn thiện. Theo đó, mức giảm cán của quá trình cán nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 90%. Trong trường hợp mà mức giảm cán của quá trình cán nguội là nhỏ hơn 40% thì có thể khó để bảo đảm tính chính xác về độ dày và độ phẳng của tấm thép điện không định hướng. Theo đó, mức giảm cán của cán nguội tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn.

Bằng quá trình ủ hoàn thiện gây ra sự kết tinh nguyên sinh và sự phát triển hạt, và cỡ hạt trung bình được điều chỉnh từ 50 μ m đến 180 μ m. Bằng quá trình ủ hoàn thiện, thu được kết cấu mà trong đó tinh thể {100} thích hợp để cải thiện sự đồng đều của các đặc tính từ theo tất cả các chiều trong bề mặt tấm được phát triển. Trong quá trình ủ hoàn thiện, ví dụ, nhiệt độ bảo quản là từ 750°C đến 950°C, và thời gian bảo quản là từ 10 giây đến 60 giây.

Trong trường hợp mà sức căng của tấm trong quá trình ủ hoàn thiện là lớn hơn 3MPa, biến dạng đàn hồi không đẳng hướng có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Biến dạng đàn hồi không đẳng hướng làm biến dạng kết cấu. Theo đó, thậm chí trong trường hợp mà thu được kết cấu mà trong đó tinh thể {100} được phát triển, kết cấu này có thể bị biến dạng, và tính đồng đều của các đặc tính từ trong bề mặt tấm có thể bị làm giảm. Vì vậy, sức căng của tấm trong quá trình ủ hoàn thiện tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa. Thậm chí trong trường hợp mà tốc độ làm nguội giữa nhiệt độ 950°C và 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện là lớn hơn 1°C/giây thì biến dạng đàn hồi không đẳng hướng có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Vì vậy, tốc độ làm nguội giữa nhiệt độ 950°C và 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây. Trong bản mô tả này, tốc độ làm nguội khác với tốc độ làm nguội trung bình (giá trị thu được nhờ lấy chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội và nhiệt độ kết thúc làm nguội chia cho thời gian cần để làm nguội). Xem xét sự cần thiết luôn phải giữ tốc độ làm nguội thấp, tốc độ làm nguội luôn cần là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 950°C đến 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện.

Theo cách thức này, tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể được sản xuất. Sau quá trình ủ hoàn thiện, lớp bọc cách điện có thể được tạo thành bằng cách bọc và nung.

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, sự hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, cán nguội, ủ hoàn thiện và tương tự được thực hiện.

Trong quá trình hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, thép nóng chảy có thành phần hóa học nêu trên được hóa rắn nhanh trên bề mặt của vách làm nguội di động, và thu được dải thép mà trong đó tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm. Trong phương pháp sản xuất thứ hai, sự chuyển đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ có khả năng xảy ra trong khi làm nguội sau quá trình hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, và cấu trúc tinh thể mà trải qua sự chuyển đổi $\gamma \rightarrow \alpha$ từ các hạt hình trụ cũng được coi là các hạt hình trụ. Bằng cách trải qua sự chuyển đổi $\gamma \rightarrow \alpha$, kết cấu $\{100\}\langle 0vw \rangle$ của các hạt hình trụ được mài thêm.

Các hạt hình trụ có kết cấu $\{100\}\langle 0vw \rangle$ được mong muốn xét đến sự cải thiện sự đồng đều của các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng, cụ thể là các đặc tính từ theo tất cả các chiều trong bề mặt tấm. Kết cấu $\{100\}\langle 0vw \rangle$ là kết cấu mà trong đó tinh thể, mà trong đó mặt phẳng song song với bề mặt tấm là mặt phẳng $\{100\}$ và trong đó chiều cán là theo định hướng $\langle 0vw \rangle$, được phát triển (mỗi v và w là số thực bất kỳ (ngoại trừ trường hợp mà cả v và w là 0)). Trong trường hợp mà tỷ lệ hạt hình trụ là nhỏ hơn 80%, không thể thu được kết cấu mà trong đó tinh thể $\{100\}$ được phát triển bằng quá trình ủ hoàn thiện qua chiều dày toàn bộ 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 giữa theo chiều dày của tấm thép, trong khi đó thì tinh thể $\{111\}$ bất lợi đối với các đặc tính từ được phát triển. Để thu được kết cấu mà trong đó tinh thể $\{100\}$ được phát triển đến phần giữa theo chiều dày của tấm thép, tỷ lệ hạt hình trụ của dải thép là lớn hơn hoặc bằng 80%. Tỷ lệ hạt hình trụ của dải thép có thể được định rõ nhờ quan sát dưới kính hiển vi như được mô tả nêu trên.

Trong phương pháp sản xuất thứ hai, ví dụ, nhiệt độ mà tại đó thép nóng chảy được trút xuống bề mặt của vách làm nguội di động được làm tăng 25°C hoặc cao hơn so với nhiệt độ hóa rắn để điều chỉnh tỷ lệ hạt hình trụ đến lớn hơn hoặc bằng 80%. Cụ thể là trong trường hợp mà nhiệt độ của thép nóng chảy được làm tăng thêm 40°C hoặc cao hơn so với nhiệt độ hóa rắn, tỷ lệ hạt hình trụ có thể được điều chỉnh đến về cơ bản là 100%. Trong trường hợp mà thép nóng chảy được hóa rắn dưới điều kiện mà tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80%, các sulfua và/hoặc oxysulfua của Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn, hoặc Cd được dễ dàng tạo thành. Ngoài ra, sự tạo thành các sulfua nhỏ như MnS bị ngăn lại.

Cỡ hạt trung bình của dải thép càng nhỏ thì số lượng các hạt càng nhiều và diện

tích các biên hạt càng rộng. Trong sự kết tinh lại trong quá trình ủ hoàn thiện, các tinh thể được phát triển từ bên trong các hạt và từ các biên hạt, mà trong đó tinh thể phát triển từ bên trong hạt là tinh thể $\{100\}$ là được mong muốn xét đến các đặc tính từ, và ngược lại, tinh thể phát triển từ biên hạt là tinh thể không mong muốn đối với các đặc tính từ, như tinh thể $\{111\}<112>$. Vì vậy, cỡ hạt trung bình của dải thép càng lớn thì tinh thể $\{100\}$ được mong muốn xét đến các đặc tính từ càng nhiều có khả năng phát triển trong quá trình ủ hoàn thiện, và cụ thể là, trong trường hợp mà cỡ hạt trung bình của dải thép là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm thì có khả năng thu được các đặc tính từ vượt trội. Vì vậy, cỡ hạt trung bình của dải thép là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm. Cỡ hạt trung bình của dải thép có thể được điều chỉnh bằng tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện hóa rắn trong khi hóa rắn nhanh đến khi cuộn, và tương tự. Cụ thể là tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép là từ 1.000 đến 3.000°C/phút.

Trong quá trình hóa rắn nhanh, tốt hơn là, nguyên tố tạo thành kết tủa thô được đặt trên đáy của thùng chứa cuối cùng trước khi đúc trong quy trình luyện thép, và thép nóng chảy chứa nguyên tố ngoài nguyên tố tạo thành kết tủa thô được trút xuống thùng chứa để hòa tan nguyên tố tạo thành kết tủa thô trong thép nóng chảy. Theo đó, có thể khó để nguyên tố tạo thành kết tủa thô được phân tán từ thép nóng chảy, và để thúc đẩy phản ứng giữa nguyên tố tạo thành kết tủa thô và S. Thùng chứa cuối cùng trước khi đúc trong quy trình luyện thép, ví dụ là thùng chứa ngay trên thùng trung gian của máy đúc dùng cho sự hóa rắn nhanh.

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

Bằng quá trình ủ hoàn thiện gây ra sự kết tinh nguyên sinh và sự phát triển hạt, và cỡ hạt trung bình được điều chỉnh từ 50μm đến 180μm. Bằng quá trình ủ hoàn thiện, thu được kết cấu mà trong đó tinh thể $\{100\}$ thích hợp để cải thiện sự đồng đều của các đặc tính từ theo tất cả các chiều trong bề mặt tấm được phát triển. Trong quá trình ủ

hoàn thiện, ví dụ, nhiệt độ bảo quản là từ 750°C đến 950°C, và thời gian bảo quản là từ 10 giây đến 60 giây.

Trong trường hợp mà sức căng của tấm trong quá trình ủ hoàn thiện là lớn hơn 3MPa, biến dạng đàn hồi không đẳng hướng có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Biến dạng đàn hồi không đẳng hướng làm biến dạng kết cấu. Theo đó, thậm chí trong trường hợp thu được kết cấu mà trong đó tinh thể {100} được phát triển, kết cấu này có thể bị biến dạng, và tính đồng đều của các đặc tính từ trong bề mặt tấm có thể bị làm giảm. Vì vậy, sức căng của tấm trong quá trình ủ hoàn thiện tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa. Thậm chí trong trường hợp tốc độ làm nguội giữa nhiệt độ 950°C và 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện là lớn hơn 1°C/giây thì biến dạng đàn hồi không đẳng hướng có khả năng duy trì trong tấm thép điện không định hướng. Vì vậy, tốc độ làm nguội giữa nhiệt độ 950°C và 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây. Trong bản mô tả này, “tốc độ làm nguội” khác với tốc độ làm nguội trung bình (giá trị thu được nhờ lấy chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội và nhiệt độ kết thúc làm nguội chia cho thời gian cần để làm nguội). Xem xét sự cần thiết luôn phải giữ tốc độ làm nguội thấp, tốc độ làm nguội luôn cần là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 950°C đến 700°C trong quá trình ủ hoàn thiện.

Theo cách thức này, tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể được sản xuất. Sau quá trình ủ hoàn thiện, lớp bọc cách điện có thể được tạo thành nhờ sử dụng và nung.

Ví dụ, trong trường hợp mà tấm thép điện không định hướng theo phương án này có độ dày 0,50mm, nó có các đặc tính từ như độ cảm ứng từ cao và tổn hao sắt thấp được thể hiện bằng độ cảm ứng từ B50_L theo chiều cán (chiều L): lớn hơn hoặc bằng 1,79 T, giá trị trung bình B50_{L+C} của các mật độ từ thông B50 theo chiều cán và theo chiều rộng (chiều C): lớn hơn hoặc bằng 1,75 T, tổn hao sắt W15/50_L theo chiều cán: nhỏ hơn hoặc bằng 4,5W/kg, và giá trị trung bình W15/50_{L+C} của tổn hao sắt W15/50 theo chiều cán và theo chiều rộng: nhỏ hơn hoặc bằng 5,0W/kg.

Mặc dù các phương án được ưu tiên theo sáng chế được mô tả chi tiết, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ như vậy. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế thuộc vào hiểu rằng có thể nghĩ ra các thay đổi hoặc cải biến nằm trong phạm vi của ý tưởng kỹ thuật được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ, và hiểu rằng các ví dụ như vậy tất nhiên là thuộc phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết viện dẫn đến các ví dụ. Các ví dụ sau đây đơn thuần 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 bị giới hạn ở các ví dụ sau đây.

Thử nghiệm thứ nhất

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

[Bảng 1]

Ký hiệu Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)															Tham số
	C	Si	Al	Mn	S	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	Zn	Cd	Sn	Cu	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	
A	0,0014	1,02	0,03	0,20	0,0022			0,0005							0,0005	0,88
B	0,0013	1,05	0,02	0,18	0,0020			0,0007							0,0007	0,91
C	0,0021	1,04	0,03	0,17	0,0019				0,0008						0,0008	0,93
D	0,0025	1,00	0,03	0,18	0,0023				0,0012						0,0012	0,88
E	0,0018	1,03	0,04	0,22	0,0024					0,0013					0,0013	0,89
F	0,0019	0,98	0,04	0,17	0,0016						0,0011				0,0011	0,89
G	0,0011	1,07	0,03	0,26	0,0035		0,0004								0,0004	0,87
H	0,0021	1,02	0,03	0,21	0,0020		0,0001								0,0001	0,87
I	0,0022	1,01	0,03	0,19	0,0018		0,0021								0,0021	0,88
J	0,0020	2,46	0,02	0,22	0,0027	0,0007									0,0007	2,28
K	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0022	0,0009									0,0009	0,87
L	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0019		0,0008								0,0008	0,94
M	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0021			0,0009							0,0009	0,84
N	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0018				0,0004						0,0004	0,84
O	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0017					0,0006					0,0006	0,85
P	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0024						0,0008				0,0008	0,82
Q	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0022							0,0009			0,0009	0,88
R	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0015							0,0010	0,14		0,0010	0,89
S	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0018							0,0013		0,32	0,0013	0,85
K'	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0015	0,0009									0,0009	0,87
L'	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0010		0,0008								0,0008	0,94
M'	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0005			0,0009							0,0009	0,84
N'	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0005				0,0010						0,0010	0,84
O'	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0005					0,0010					0,0010	0,85
P'	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0005						0,0008				0,0008	0,82
Q'	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0005							0,0009			0,0009	0,88
R'	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0005							0,0010	0,14		0,0010	0,89
S'	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0006							0,0013		0,32	0,0013	0,85
T	0,0018	1,03	0,003	0,21	0,0007		0,0005			0,0005					0,0010	0,83
TT	0,0029	1,98	0,03	1,98	0,0005							0,0010			0,0010	0,06
TTT	0,0010	0,34	0,98	1,42	0,0006			0,0010							0,0010	0,88

[Bảng 2]

Mẫu 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'	1,60	0,91	0,82	0,79	0,98	1,28	0,49	0,98	1,10	Ví dụ sáng chế
12'	L'	1,63	1,05	1,00	0,67	0,89	1,35	0,38	1,21	1,14	Ví dụ sáng chế
13'	M'	1,45	1,21	0,88	0,72	1,03	1,15	0,30	1,07	1,20	Ví dụ sáng chế
14'	N'	1,93	0,68	0,94	0,84	1,36	1,61	0,45	1,28	0,93	Ví dụ sáng chế
15'	O'	1,56	0,87	1,20	0,88	0,88	0,99	0,32	1,44	1,24	Ví dụ sáng chế
16'	P'	2,05	0,76	1,32	0,54	1,39	1,76	0,70	1,84	0,82	Ví dụ sáng chế
17'	Q'	1,89	1,30	1,03	0,76	1,10	0,97	0,28	1,22	1,39	Ví dụ sáng chế
18'	R'	2,64	1,04	1,92	0,44	0,67	0,67	0,67	1,14	1,92	Ví dụ sáng chế
19'	S'	2,48	0,98	1,67	0,56	0,79	0,81	0,63	1,11	1,70	Ví dụ sáng chế
20	T	1,61	0,90	0,81	0,80	0,99	1,27	0,50	0,97	1,10	Ví dụ sáng chế
21	TT	1,64	1,04	0,99	0,68	0,90	1,34	0,39	1,20	1,52	Ví dụ sáng chế
22	TTT	1,46	1,20	0,87	0,73	1,04	1,14	0,31	1,06	0,93	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 3 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 3, phần gạch chân thể hiện giá trị số không nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50_L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình B50_{L+C} thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột

của tổn hao sắt W15/50_L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5W/kg, và phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50_{L+C} thể hiện rằng giá trị trung bình là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 3]

Mẫu 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	<u>3,5</u>	<u>3,8</u>	<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'	4,1	4,4	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
12'	4,1	4,3	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế
13'	4,0	4,3	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
14'	4,3	4,6	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
15'	4,0	4,2	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
16'	4,3	4,7	1,79	1,75	Ví dụ sáng chế
17'	4,0	4,2	1,80	1,78	Ví dụ sáng chế
18'	3,7	4,0	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
19'	3,9	4,1	1,82	1,79	Ví dụ sáng chế
20	4,0	4,3	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
21	4,0	4,2	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
22	3,9	4,2	1,80	1,77	Ví dụ sáng chế

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

tốt.

Trong các mẫu số 1 đến 6, do tham số R trong phần giữa theo chiều dày là quá thấp, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ là cao, và độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp. Trong mẫu số 7, do hàm lượng S là quá cao, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ là cao, và độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp. Trong mẫu số 8, do tổng lượng các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá thấp, tỷ lệ của tổng khối lượng S có trong các sulfua hoặc oxysulfua của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô trên tổng khối lượng S có trong tấm thép điện không định hướng là nhỏ hơn 40%, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ là cao, và độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp. Trong mẫu số 9, do tổng lượng các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá cao, tỷ lệ của tổng khối lượng S có trong các sulfua hoặc oxysulfua của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô trên tổng khối lượng S có trong tấm thép điện không định hướng là lớn hơn hoặc bằng 40%. Tuy nhiên, Ca tạo thành nhiều tạp chất như CaO, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ là cao, và độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp. Trong mẫu số 10, do tham số Q là quá cao, độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp.

Thử nghiệm thứ hai

Trong thử nghiệm thứ hai, thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu 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: 0,0007% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu số 31' đến 33' trong bảng 4-1) chứa C: 0,0021%, Si: 0,83%, Al: 0,05%, Mn: 0,19%, S: 0,0007%, và Pr: 0,0013% với còn lại bao gồm Fe và các tạp chất được đúc để sản xuất các phôi tấm, và các phôi tấm được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,1mm. Trong khi đúc, chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của dải thép. Bảng 4-2 thể hiện chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt, tỷ lệ hạt hình trụ, và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức giảm cán là 78,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 30 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 4-2 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 4-2, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[Bảng 4-1]

Mẫu số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Pr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	
31	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
32	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
33	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
31'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74
32'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74
33'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74

[Bảng 4-2]

Ví dụ số	Chênh lệch nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	0,75	0,56	0,48	0,93	1,49	2,01	0,52	1,14	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
32'	36	73	0,19	1,10	0,74	0,46	0,90	1,34	1,50	0,49	1,00	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
33'	65	85	0,22	1,76	1,30	0,87	0,79	1,20	1,44	0,26	1,17	1,16	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 5 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 5, phần gạch chân thể hiện giá trị số không nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50_L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung

biểu B50_{L+C} thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột của tổn hao sắt W15/50_L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5W/kg, và phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50_{L+C} thể hiện rằng giá trị trung bình là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 5]

Mẫu 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>5,4</u>	<u>5,8</u>	<u>1,74</u>	<u>1,71</u>	Ví dụ so sánh
32'	<u>5,1</u>	<u>5,6</u>	<u>1,76</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
33'	4,5	4,7	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế

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

Trong các mẫu số 31, 32, 31' và 32' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ cực thấp, do tham số R trong phần giữa theo chiều dày nằm ngoài khoảng của sáng chế, tổn hao sắt W15/50_L và giá trị trung bình W15/50_{L+C} là cao, và độ cảm ứng từ B50_L và giá trị trung bình B50_{L+C} là thấp.

Thử nghiệm thứ ba

Trong thử nghiệm thứ ba, mỗi trong các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 6 được đúc để sản xuất các phôi tấm, và các phôi tấm được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,4mm. Còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và trong bảng 6, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Trong khi đúc, chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc và tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 700°C được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của dải thép. Chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt là từ 48°C đến 60°C. Trong các mẫu số 41, 42, 41' và 42', tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 700°C là 20°C/phút, và trong các mẫu khác, tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 10°C/phút. Bảng 7 thể hiện tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức

giảm cán là 79,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 45 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 7 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 7, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[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 thành kết tủa thô	
U	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0011	0,0011	0,0011	1,32
V	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0012	0,0010	0,0010	1,28
W	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0009	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0010	0,0012	0,0012	1,28
Y	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0008	0,0023	<u>0,0023</u>	1,31
U'	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0005	0,0011	0,0011	1,32
V'	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0006	0,0010	0,0010	1,28
W'	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0007	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X'	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0005	0,0012	0,0012	1,28
Y'	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0007	0,0023	<u>0,0023</u>	1,31

[Bảng 7]

Mẫu số	Ký hiệu Thép	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	2,42	2,36	1,03	1,75	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
42'	V'	88	0,06	1,47	0,75	0,61	0,94	1,98	2,13	0,90	1,18	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
43'	W'	91	0,15	1,64	0,82	0,72	0,90	2,52	1,83	0,80	1,05	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
44'	X'	88	0,16	2,10	1,20	1,22	1,05	0,89	1,14	0,68	0,95	1,52	Ví dụ sáng chế
45'	Y'	90	0,17	1,47	0,78	0,63	1,02	2,88	2,34	0,76	1,13	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh

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

[Bảng 8]

Mẫu 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>5,3</u>	<u>5,7</u>	<u>1,73</u>	<u>1,70</u>	Ví dụ so sánh
42'	<u>5,0</u>	<u>5,4</u>	<u>1,74</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh
43'	<u>4,7</u>	<u>5,2</u>	<u>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
44'	3,8	4,1	1,80	1,78	Ví dụ sáng chế
45'	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,75</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh

Như được thể hiện trong bảng 8, trong các mẫu số 44 và 44' sử dụng dải thép mà thành phần hóa học, tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của nó là thích hợp, do tham số R trong phần giữa theo chiều dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt.

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

Thử nghiệm thứ tư

Trong thử nghiệm thứ tư, mỗi trong các loại thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 9 được đúc để sản xuất các phôi tấm, và các phôi tấm được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày được thể hiện trong bảng 10. Trong bảng 9, ô trống thể hiện lượng của nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất. Trong khi đúc, chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của dải thép. Chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt là từ 51°C đến 68°C. Bảng 10 còn thể hiện tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức giảm cán được thể hiện trong bảng 10 để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 40 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 10 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 10, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[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 thành kết tủa thô	
Z	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0022	0,0007			0,0007	0,68
AA	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0019	0,0008			0,0008	0,61
BB	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0018	0,0008	0,09		0,0008	0,57
CC	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0022	0,0006		0,48	0,0006	0,70
DD	0,0012	0,52	0,25	0,45	0,0020	0,0007	0,21	0,32	0,0007	0,57
EE	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0021	0,0009			0,0009	0,60
Z'	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0008	0,0014			0,0014	0,68
AA'	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0007	0,0013			0,0013	0,61
BB'	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0005	0,0013	0,09		0,0013	0,57
CC'	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0007	0,0012		0,48	0,0012	0,70
DD'	0,0012	0,52	0,25	0,45	0,0006	0,0014	0,21	0,32	0,0014	0,57
EE'	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0008	0,0014			0,0014	0,60

[Bảng 10]

Ví dụ số	Ký hiệu thép	Độ dày của dải thép (mm)	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh
51'	Z'	0,94	95	0,21	46,8	1,34	1,01	0,98	0,64	1,02	1,16	0,30	1,12	1,10	Ví dụ sáng chế
52'	AA'	1,56	98	0,23	67,9	1,55	1,19	1,39	0,76	0,96	1,05	0,47	0,88	1,46	Ví dụ sáng chế
53'	BB'	2,01	91	0,22	75,1	1,67	1,18	1,52	0,82	0,78	1,00	0,53	0,77	1,69	Ví dụ sáng chế
54'	CC'	2,53	93	0,21	80,2	1,60	1,23	1,37	0,93	0,84	1,14	0,43	1,04	1,49	Ví dụ sáng chế
55'	DD'	3,74	98	0,21	86,6	1,84	1,14	1,65	0,77	0,70	0,87	0,40	0,91	1,88	Ví dụ sáng chế
56'	EE'	5,60	88	0,22	91,1	1,45	0,86	1,24	0,68	1,85	2,04	0,77	1,17	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh

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

[Bảng 11]

Mẫu 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'	4,3	4,5	1,79	1,75	Ví dụ sáng chế
52'	4,1	4,3	1,79	1,76	Ví dụ sáng chế
53'	3,8	4,1	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
54'	3,9	4,2	1,81	1,78	Ví dụ sáng chế
55'	3,7	3,9	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
56'	<u>4,7</u>	<u>5,1</u>	<u>1,76</u>	<u>1,72</u>	Ví dụ so sánh

Như được thể hiện trong bảng 11, trong các mẫu số 51 đến 55 và 51' đến 55' sử dụng dải thép mà thành phần hóa học, tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của chúng là thích hợp, và được cán nguội ở mức giảm thích hợp, do tham số R trong phần giữa theo chiều dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt. Trong các mẫu số 53, 54, 53' và 54' chứa lượng thích hợp Sn hoặc Cu, cụ thể là thu được các kết quả vượt trội về tổn hao sắt $W_{15/50L}$, giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$, độ cảm ứng từ B_{50L} , và giá trị trung bình B_{50L+C} . Trong các mẫu số 55 và 55' chứa lượng thích hợp của Sn và Cu, thu được các kết quả vượt trội hơn về tổn hao sắt $W_{15/50L}$, giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$, độ cảm ứng từ B_{50L} , và giá trị trung bình B_{50L+C} .

Trong các mẫu số 56 và 56' mà trong đó mức giảm cán của quá trình cán nguội là quá cao, tổn hao sắt $W_{15/50L}$ và giá trị trung bình $W_{15/50L+C}$ là cao, và độ cảm ứng từ B_{50L} và giá trị trung bình B_{50L+C} là thấp.

Thử nghiệm thứ năm

Trong thử nghiệm thứ năm, thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu 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: 0,0011% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu số 61' đến 64' trong bảng 12-1) chứa C: 0,0015%, Si: 0,35%, Al: 0,47%, Mn: 1,41%, S: 0,0007%, và Sr: 0,0014% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất được đúc để sản xuất các phôi tấm, và các phôi tấm được cán nóng để thu được các dải thép có độ dày là 2,3mm. Trong khi đúc, chênh lệch nhiệt độ giữa hai bề mặt của tấm đúc được điều chỉnh đến 59°C sao cho tỷ lệ hạt hình trụ của dải thép là 90% và cỡ hạt trung bình là 0,17mm. Tiếp theo, thực hiện quá trình cán nguội ở mức giảm cán là 78,3% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 20 giây ở nhiệt độ 920°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình ủ hoàn thiện, sức căng của tấm và tốc độ

làm nguội từ nhiệt độ 950°C đến 700°C được thay đổi. Bảng 12-2 thể hiện sức căng của tấm và tốc độ làm nguội. Cường độ định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 12-2 cũng thể hiện các kết quả của chúng.

[Bảng 12-1]

Ví dụ số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							
	C	Si	Al	Mn	S	Sr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	Tham số Q
61	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
62	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
63	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
64	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
61'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
62'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
63'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
64'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12

[Bảng 12-2]

Ví dụ số	Sức căng của tấm (MPa)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Tỉ lệ 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	1,38	0,97	1,34	1,01	1,54	0,65	1,17	1,70	0,93	Ví dụ sáng chế
62'	2,5	2,5	1,10	1,55	1,05	1,54	1,22	1,37	0,72	1,16	1,39	1,16	Ví dụ sáng chế
63'	1,5	2,3	1,06	1,86	1,12	1,60	1,14	1,29	0,60	1,20	1,42	1,27	Ví dụ sáng chế
64'	1,7	0,6	1,04	2,37	1,19	2,15	1,23	1,20	0,67	1,08	1,37	1,61	Ví dụ sáng chế

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

[Bảng 13]

Mẫu 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'	4,1	4,3	1,81	1,79	Ví dụ sáng chế
62'	3,8	4,0	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
63'	3,7	4,0	1,82	1,80	Ví dụ sáng chế
64'	3,6	3,8	1,83	1,82	Ví dụ sáng chế

Như được thể hiện trong bảng 13, trong các mẫu số 61 đến 64 và 61' đến 64', thành phần hóa học là nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phần giữa theo chiều dày là nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt. Trong các mẫu số 62, 63, 62' và 63' mà trong đó sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, tính dị hướng biến dạng đàn hồi là thấp, và các kết quả đặc biệt vượt trội thu được trong tổn hao sắt W15/50L, giá trị trung bình W15/50L+C, độ cảm ứng từ B50L, và giá trị trung bình B50L+C. Trong các mẫu số 64 và 64' mà trong đó tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 920°C đến 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây, tính dị hướng biến dạng đàn hồi được làm giảm thêm, và thu được các kết quả vượt trội hơn trong tổn hao sắt W15/50L, giá trị trung bình W15/50L+C, độ cảm ứng từ B50L, và giá trị trung bình B50L+C. Trong việc đo tính dị hướng biến dạng đàn hồi, mẫu có hình dạng mặt phẳng bốn cạnh mà trong đó mỗi cạnh có chiều dài 55mm, hai cạnh song song với chiều cán, và hai cạnh song song với chiều vuông góc với chiều cán (chiều rộng tấm) được cắt từ mỗi tấm thép điện không định hướng, và chiều dài của mỗi cạnh sau khi biến dạng dưới sự ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi được đo. Sau đó, xác định chiều dài theo chiều vuông góc với chiều cán lớn hơn chiều dài theo chiều cán là bao nhiêu.

Thử nghiệm thứ sáu

Trong thử nghiệm thứ sáu, mỗi trong các tấm thép nóng chảy có thành phần hóa

học được thể hiện trong bảng 14 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán trực kép để thu được các dải thép. Trong bảng 14, ô trống thể hiện lượng của nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất. Trong bảng 14, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Tiếp theo, các dải thép được cán nguội và được cho tham gia quá trình ủ hoàn thiện để sản xuất 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 giữa theo chiều dày được tính. Bảng 15 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 15, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[Bảng 14]

Thành phần hóa học (% khối lượng)																
Ký hiệu thép	C	Si	Al	Mn	S	Mg	Ca	Sr	Ba	La	Zn	Cd	Sn	Cu	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	Tham số
A	0,0014	1,02	0,03	0,20	0,0022			0,0005							0,0005	0,88
B	0,0013	1,05	0,02	0,18	0,0020			0,0007							0,0007	0,91
C	0,0021	1,04	0,03	0,17	0,0019				0,0008						0,0008	0,93
D	0,0025	1,00	0,03	0,18	0,0023				0,0012						0,0012	0,88
E'	0,0018	1,03	0,04	0,22	0,0024					0,0013					0,0013	0,89
F	0,0019	0,98	0,04	0,17	0,0016						0,0011				0,0011	0,89
G	0,0011	1,07	0,03	0,26	0,0035		0,0004								0,0004	0,87
H	0,0021	1,02	0,03	0,21	0,0020		0,0001								0,0001	0,87
I	0,0022	1,01	0,03	0,19	0,0018		0,0021								0,0021	0,88
J	0,0020	2,46	0,02	0,22	0,0027	0,0007									0,0007	2,28
K	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0022	0,0009									0,0009	0,87
L	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0019		0,0008								0,0008	0,94
M	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0021			0,0009							0,0009	0,84
N	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0018				0,0004						0,0004	0,84
O'	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0017					0,0006					0,0006	0,85
P	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0024						0,0008				0,0008	0,82
Q	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0022							0,0009			0,0009	0,88
R	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0015							0,0010	0,14		0,0010	0,89
S	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0018							0,0013		0,32	0,0013	0,85
K'	0,0018	1,05	0,03	0,24	0,0015	0,0009									0,0009	0,87
L'	0,0016	1,09	0,03	0,21	0,0010		0,0008								0,0008	0,94
M'	0,0016	0,98	0,04	0,22	0,0005			0,0009							0,0009	0,84
N'	0,0020	1,00	0,03	0,22	0,0005				0,0010						0,0010	0,84
O''	0,0019	1,02	0,02	0,21	0,0005					0,0010					0,0010	0,85
P'	0,0017	1,02	0,02	0,24	0,0005						0,0008				0,0008	0,82
Q'	0,0021	1,01	0,04	0,21	0,0005							0,0009			0,0009	0,88
R'	0,0024	1,07	0,02	0,22	0,0005							0,0010	0,14		0,0010	0,89
S'	0,0022	1,05	0,02	0,24	0,0006							0,0013		0,32	0,0013	0,85
T	0,0018	1,03	0,003	0,21	0,0007		0,0005			0,0005					0,0010	0,83
TT	0,0029	1,98	0,03	1,98	0,0005							0,0010			0,0010	0,06
TTT	0,0010	0,34	0,98	1,42	0,0006			0,0010							0,0010	0,88

[Bảng 15]

Ví dụ 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'	1,61	0,90	0,81	0,80	0,99	1,27	0,50	0,97	1,10	Ví dụ sáng chế
112'	L'	1,64	1,04	0,99	0,68	0,90	1,34	0,39	1,20	1,14	Ví dụ sáng chế
113'	M'	1,46	1,20	0,87	0,73	1,04	1,14	0,31	1,06	1,20	Ví dụ sáng chế
114'	N'	1,94	0,67	0,93	0,85	1,37	1,60	0,46	1,27	0,93	Ví dụ sáng chế
115'	O''	1,57	0,86	1,19	0,89	0,89	0,98	0,33	1,43	1,24	Ví dụ sáng chế
116'	P'	2,06	0,75	1,31	0,55	1,40	1,75	0,71	1,83	0,82	Ví dụ sáng chế
117'	Q'	1,90	1,29	1,02	0,77	1,11	0,96	0,29	1,21	1,39	Ví dụ sáng chế
118'	R'	2,65	1,03	1,91	0,45	0,68	0,66	0,68	1,13	1,92	Ví dụ sáng chế
119'	S'	2,49	0,97	1,66	0,57	0,80	0,80	0,64	1,10	1,70	Ví dụ sáng chế
120	T	1,63	0,88	0,79	0,82	1,01	1,25	0,52	0,95	1,10	Ví dụ sáng chế
121	TT	1,66	1,02	0,97	0,70	0,92	1,32	0,41	1,18	1,52	Ví dụ sáng chế
122	TTT	1,48	1,18	0,85	0,75	1,06	1,12	0,33	1,04	0,93	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 16 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 16, phần gạch chân thể hiện giá trị số không nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình B50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột của tổn hao sắt W15/50L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5 W/kg, và phần

gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 16]

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

Như được thể hiện trong bảng 16, trong các mẫu số 111 đến 122 và 111' đến 119', thành phần hóa học là nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phân giữa theo chiều dày là nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt.

Trong các mẫu số 101 đến 106, do tham số R trong phân giữa theo chiều dày là

quá thấp, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong mẫu số 107, do hàm lượng S là quá cao, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong mẫu số 108, do tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá thấp, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong mẫu số 109, do tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá cao, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong mẫu số 110, do tham số Q là quá cao, độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp.

Thử nghiệm thứ bảy

Trong thử nghiệm thứ bảy, thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu 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: 0,0007% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu số 131' đến 133' trong Bảng 17-1) chứa C: 0,0021%, Si: 0,83%, Al: 0,05%, Mn: 0,19%, S: 0,0007%, và Nd: 0,0013% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán trực tiếp 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 hình trụ 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 hình trụ, và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức giảm cán là 78,2% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 30 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 17 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 17, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[Bảng 17-1]

Ví dụ số	Thành phần hóa học (% khối lượng)						Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Nd		
131	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
132	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
133	0,0023	0,81	0,03	0,20	0,0003	0,0007	0,0007	0,67
131'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74
132'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74
133'	0,0021	0,83	0,05	0,19	0,0007	0,0013	0,0013	0,74

[Bảng 17-2]

Ví dụ số	Chênh lệch nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	0,77	0,54	0,50	0,91	1,47	2,03	0,50	1,16	<u>0,53</u>	Ví dụ so sánh
132'	36	73	0,19	1,12	0,72	0,48	0,88	1,32	1,52	0,47	1,02	<u>0,74</u>	Ví dụ so sánh
133'	65	85	0,22	1,78	1,28	0,89	0,77	1,18	1,46	0,24	1,19	1,16	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 18 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 18, phần gạch chân thể hiện giá trị số không nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình B50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột của tổn hao sắt W15/50L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5W/kg, và phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình

là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 18]

Mẫu 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>5,2</u>	<u>5,6</u>	<u>1,77</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
132'	<u>4,9</u>	<u>5,4</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh
133'	4,3	4,5	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế

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

Trong các mẫu số 131, 132, 131' và 132' sử dụng dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ quá thấp, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp.

Thử nghiệm thứ tám

Trong thử nghiệm thứ tám, mỗi trong các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 19 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp trực tiếp để thu được các dải thép có độ dày là 2,4mm. Phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và trong bảng 19, phần gạch chân thể hiện rằng giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun và tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của dải thép. Nhiệt độ phun của các mẫu số 143 đến 145 và 143' đến 145' là từ 29°C đến 35°C cao hơn so với nhiệt độ hóa rắn, và tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép là từ 1.500 đến 2.000°C/phút. Nhiệt độ phun của các mẫu số 141, 142, 141' và 142' là từ 20°C đến 24°C cao hơn so với nhiệt độ hóa rắn, và tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép là lớn hơn 3.000°C/phút. Bảng 20 thể hiện tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức giảm cán là 79,2% để thu được tám thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó, quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong

45 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 20 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 20, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[Bảng 19]

Ký hiệu Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số R
	C	Si	Al	Mn	S	Cd	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	
U	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0011	0,0011	0,0011	1,32
V	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0012	0,0010	0,0010	1,28
W	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0009	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0010	0,0012	0,0012	1,28
Y	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0008	0,0023	<u>0,0023</u>	1,31
U'	0,0025	1,21	0,22	0,33	0,0005	0,0011	0,0011	1,32
V'	0,0024	1,24	0,20	0,36	0,0006	0,0010	0,0010	1,28
W'	0,0022	1,22	0,18	0,32	0,0007	0,0002	<u>0,0002</u>	1,26
X'	0,0027	1,29	0,18	0,37	0,0005	0,0012	0,0012	1,28
Y'	0,0021	1,22	0,20	0,31	0,0007	0,0023	<u>0,0023</u>	1,31

[Bảng 20]

Ví dụ số	Ký hiệu thép	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	2,40	2,38	1,01	1,77	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh
142'	V'	88	0,06	1,49	0,73	0,63	0,92	1,96	2,15	0,88	1,20	<u>0,61</u>	Ví dụ so sánh
143'	W'	91	0,15	1,66	0,80	0,74	0,88	2,50	1,85	0,78	1,07	<u>0,66</u>	Ví dụ so sánh
144'	X'	88	0,16	2,12	1,18	1,24	1,03	0,87	1,16	0,66	0,97	1,52	Ví dụ sáng chế
145'	Y'	90	0,17	1,49	0,76	0,65	1,00	2,86	2,36	0,74	1,15	<u>0,55</u>	Ví dụ so sánh

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 21 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 21, phần gạch chân thể hiện giá trị số không

nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình B50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột của tổn hao sắt W15/50L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5W/kg, và phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 21]

Mẫu số	W15/50L (W/kg)	W15/50L+C (W/kg)	B50L (T)	B50L+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>1,76</u>	<u>1,73</u>	Ví dụ so sánh
142'	<u>5,0</u>	<u>5,4</u>	<u>1,77</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	1,83	1,81	Ví dụ sáng chế
145'	<u>4,9</u>	<u>5,3</u>	<u>1,78</u>	<u>1,74</u>	Ví dụ so sánh

Như được thể hiện trong bảng 21, trong các mẫu số 144 và 144' sử dụng dải thép mà thành phần hóa học, tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của nó là thích hợp, do tham số R trong phần giữa theo chiều dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt.

Trong các mẫu số 141, 142, 141' và 142' sử dụng dải thép có cỡ hạt trung bình quá nhỏ, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong các mẫu số 143 và 143', do tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá thấp, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp. Trong các mẫu số 145 và 145', do tổng lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô là quá cao, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp.

Thử nghiệm thứ chín

Trong thử nghiệm thứ chín, mỗi trong các thép nóng chảy có thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 22 được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán trực kép

để thu được các dải thép có độ dày được thể hiện trong bảng 23. Trong bảng 22, ô trống thể hiện lượng của nguyên tố tương ứng nhỏ hơn giới hạn phát hiện, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun được điều chỉnh để thay đổi tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của dải thép. Nhiệt độ phun là từ 28°C đến 37°C cao hơn so với nhiệt độ hóa rắn. Bảng 23 cũng thể hiện tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình. Tiếp theo, thực hiện cán nguội ở mức 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 hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 40 giây ở nhiệt độ 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 trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 23 cũng thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 23, phần gạch chân thể hiện giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.

[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 thành kết tủa thô	
Z	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0022	0,0007			0,0007	0,68
AA	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0019	0,0008			0,0008	0,61
BB	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0018	0,0008	0,09		0,0008	0,57
CC	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0022	0,0006		0,48	0,0006	0,70
EE	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0021	0,0009			0,0009	0,60
Z'	0,0017	0,53	0,32	0,49	0,0008	0,0014			0,0014	0,68
AA'	0,0018	0,54	0,29	0,51	0,0007	0,0013			0,0013	0,61
BB'	0,0014	0,51	0,28	0,50	0,0005	0,0013	0,09		0,0013	0,57
CC'	0,0016	0,51	0,33	0,47	0,0007	0,0012		0,48	0,0012	0,70
EE'	0,0013	0,56	0,30	0,56	0,0008	0,0014			0,0014	0,60

[Bảng 23]

Ví dụ số	Ký hiệu thép	Độ dày của dải thép (mm)	Tỷ lệ hạt hình trụ (% 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	75,4	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	46,8	1,35	1,00	0,99	0,63	0,99	1,19	0,27	1,15	1,10	Ví dụ sáng chế
152'	AA'	1,56	98	0,23	67,9	1,56	1,18	1,40	0,75	0,93	1,08	0,44	0,91	1,46	Ví dụ sáng chế
153'	BB'	2,01	91	0,22	75,1	1,68	1,17	1,53	0,81	0,75	1,03	0,50	0,80	1,69	Ví dụ sáng chế
154'	CC'	2,53	93	0,21	80,2	1,61	1,22	1,38	0,92	0,81	1,17	0,40	1,07	1,49	Ví dụ sáng chế
155'	EE'	5,60	88	0,22	91,1	1,46	0,85	1,25	0,67	1,82	2,07	0,74	1,20	<u>0,73</u>	Ví dụ so sánh

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 24 thể hiện các kết quả của chúng. Trong bảng 24, phần gạch chân thể hiện giá trị số không nằm trong khoảng mong muốn. Tức là, phần gạch chân trong cột của độ cảm ứng từ B50L thể hiện rằng độ cảm ứng từ là nhỏ hơn 1,79 T, phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình B50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là nhỏ hơn 1,75 T, phần gạch chân trong cột của tổn hao sắt W15/50L thể hiện rằng tổn hao sắt là lớn hơn 4,5W/kg, và phần gạch chân trong cột của giá trị trung bình W15/50L+C thể hiện rằng giá trị trung bình là lớn hơn 5,0W/kg.

[Bảng 24]

Mẫu số	W15/50L (W/kg)	W15/50L+C (W/kg)	B50L (T)	B50L+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

Như được thể hiện trong bảng 24, trong các mẫu số 151 đến 154 và 151' đến 154' sử dụng dải thép mà thành phần hóa học, tỷ lệ hạt hình trụ và cỡ hạt trung bình của chúng là thích hợp, và được cán nguội ở mức giảm thích hợp, do tham số R trong phân giữa theo chiều dày nằm trong khoảng của sáng chế, thu được các đặc tính từ tốt. Trong các mẫu số 153, 154, 153' và 154' chứa lượng thích hợp của Sn hoặc Cu, các kết quả đặc biệt vượt trội thu được trong tổn hao sắt W15/50L, giá trị trung bình W15/50L+C, độ cảm ứng từ B50L, và giá trị trung bình B50L+C.

Trong các mẫu số 155 và 155' mà trong đó mức giảm cán của quá trình cán nguội là quá cao, tổn hao sắt W15/50L và giá trị trung bình W15/50L+C là cao, và độ cảm ứng từ B50L và giá trị trung bình B50L+C là thấp.

Thử nghiệm thứ mười

Trong thử nghiệm thứ mười, thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu 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: 0,0011% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, và thép nóng chảy (tương ứng với các mẫu số 161' đến 164' trong Bảng 25-1) chứa C: 0,0015%, Si: 0,35%, Al: 0,47%, Mn: 1,41%, S: 0,0007%, và Sr: 0,0013% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất được hóa rắn nhanh bằng phương pháp cán trực tiếp để thu được các dải thép có độ dày là 2,3mm. Trong trường hợp này, nhiệt độ phun được điều chỉnh đến nhiệt độ cao hơn 32°C so với nhiệt độ hóa rắn sao cho tỷ lệ hạt hình trụ của dải thép là 90% và cỡ hạt trung bình là 0,17mm. Tiếp theo, quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán là 78,3% để thu được tấm thép có độ dày là 0,50mm. Sau đó,

quá trình ủ hoàn thiện liên tục được thực hiện trong 20 giây ở nhiệt độ 920°C để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình ủ hoàn thiện, sức căng của tấm và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 920°C đến 700°C được thay đổi. Bảng 25 thể hiện sức căng của tấm và tốc độ làm nguội. Cường độ định hướng tinh thể của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo, và tham số R trong phần giữa theo chiều dày được tính. Bảng 25 cũng thể hiện các kết quả của chúng.

[Bảng 25-1]

Ví dụ số	Thành phần hóa học (% khối lượng)							Tham số Q
	C	Si	Al	Mn	S	Sr	Tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo thành kết tủa thô	
161	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
162	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
163	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
164	0,0014	0,34	0,48	1,42	0,0017	0,0011	0,0011	-0,12
161'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
162'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
163'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12
164'	0,0015	0,35	0,47	1,41	0,0007	0,0013	0,0013	-0,12

[Bảng 25-2]

Ví dụ số	Sức căng của tấm (MPa)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Tỉ lệ định 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	1,40	0,95	1,36	0,99	1,54	0,65	1,17	1,70	0,93	Ví dụ sáng chế
162'	2,5	2,5	1,10	1,57	1,03	1,56	1,20	1,37	0,72	1,16	1,39	1,16	Ví dụ sáng chế
163'	1,5	2,3	1,06	1,88	1,10	1,62	1,12	1,29	0,60	1,20	1,42	1,27	Ví dụ sáng chế
164'	1,7	0,6	1,04	2,39	1,17	2,17	1,21	1,20	0,67	1,08	1,37	1,61	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của mỗi tấm thép điện không định hướng được đo. Bảng 26 thể

hiện các kết quả của chúng.

[Bảng 26]

Mẫu 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'	4,1	4,3	1,84	1,82	Ví dụ sáng chế
162'	3,8	4,0	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
163'	3,7	4,0	1,85	1,83	Ví dụ sáng chế
164'	3,6	3,8	1,86	1,85	Ví dụ sáng chế

Như được thể hiện trong bảng 26, trong các mẫu số 161 đến 164 và 161' đến 164', thành phần hóa học là nằm trong khoảng của sáng chế, và tham số R trong phần giữa theo chiều dày là nằm trong khoảng của sáng chế. Theo đó, thu được các đặc tính từ tốt. Trong các mẫu số 162, 163, 162' và 163' mà trong đó sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, tính dị hướng biến dạng đàn hồi là thấp, và các kết quả đặc biệt vượt trội thu được trong tổn hao sắt W15/50L, giá trị trung bình W15/50L+C, độ cảm ứng từ B50L, và giá trị trung bình B50L+C. Trong các mẫu số 164 và 164' mà trong đó tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 920°C đến 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây, tính dị hướng biến dạng đàn hồi được làm giảm thêm, và thu được các kết quả vượt trội hơn trong tổn hao sắt W15/50L, giá trị trung bình W15/50L+C, độ cảm ứng từ B50L, và giá trị trung bình B50L+C. Trong việc đo tính dị hướng biến dạng đàn hồi, mẫu có hình dạng mặt phẳng bốn cạnh mà trong đó mỗi cạnh có chiều dài 55mm, hai cạnh song song với chiều cán, và hai cạnh song song với chiều vuông góc với chiều cán (chiều rộng tấm) được cắt từ mỗi tấm thép điện không định hướng, và chiều dài của mỗi cạnh sau khi biến dạng dưới sự ảnh hưởng của biến dạng đàn hồi được đo. Sau đó, xác định chiều dài theo chiều vuông góc với chiều cán lớn hơn chiều dài theo chiều cán là bao nhiêu.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Sáng chế có thể được sử dụng, ví dụ trong các ngành 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 chứa các nguyên tố sau đây làm thành phần hóa học, theo % khối lượng:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%;

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%;

Al: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%;

Mn: 0,10% đến 2,00%;

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%;

một hoặc nhiều nguyên tố thuộc nhóm bao gồm Mg, Ca, Sr, Ba, Nd, Pr, La, Ce, Zn và Cd có tổng hàm lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0003% và nhỏ hơn 0,0015%;

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

Sn: 0,00% đến 0,40%;

Cu: 0,00% đến 1,00%; và

phần còn lại: Fe và các 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 thể hiện 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 giữa theo chiều dày là lớn hơn hoặc bằng 0,80;

trong đó phần giữa theo chiều dày được xác định là độ sâu của khoảng $\frac{1}{2}$ độ dày tấm T của tấm thép điện không định hướng tính từ bề mặt được cán của tấm thép điện không định hướng,

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

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

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

trong đó trong thành phần hóa học có hàm lượng Sn nằm trong khoảng từ 0,02% đến 0,40% hoặc có hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%, hoặc cả hai điều kiện này được thỏa mãn.

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

đúc liên tục thép nóng chảy;

cán nóng thổi thép mà thu được nhờ đúc liên tục;

cán nguội dải thép mà thu được nhờ cán nóng; và

ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội,

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

dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và

mức giảm cán trong bước cán nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 90%.

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

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

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

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

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

trong đó trong bước ủ hoàn thiện, sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ 950°C đến 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, phương pháp này bao gồm các bước:

hóa rắn thép nóng chảy;

cán nguội dải thép thu được nhờ hóa rắn; và
ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội,
trong đó thép nóng chảy có thành phần hóa học theo điểm 1,
dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và
cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và
mức giảm cán trong bước cán nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 90%.

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

trong đó trong bước hóa rắn, thép nóng chảy được hóa rắn nhờ sử dụng vách
làm nguội di động, và

hiệu chỉnh của thép nóng chảy mà được phun vào vách làm nguội di động được
điều chỉnh đến nhiệt độ ít nhất là cao hơn 25°C so với nhiệt độ hóa rắn của thép nóng
chảy.

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

trong đó trong bước hóa rắn, thép nóng chảy được hóa rắn nhờ sử dụng vách
làm nguội di động, và

tốc độ làm nguội trung bình từ khi hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng
chảy đến quá trình cuộn của dải thép là từ 1.000 đến 3.000°C/phút.

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

trong đó sức căng của tấm trong bước ủ hoàn thiện là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa,
và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C đến 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

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

trong đó trong bước 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.

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

trong đó trong bước ủ hoàn thiện, sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa,
và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C đến 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

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

trong đó trong bước ủ hoàn thiện, sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

14. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 11,

trong đó trong bước ủ hoàn thiện, sức căng của tấm là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

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

trong đó trong bước hóa rắn, thép nóng chảy được hóa rắn nhờ sử dụng vách làm nguội di động, và

tốc độ làm nguội trung bình từ lúc hoàn thiện quá trình hóa rắn của thép nóng chảy đến quá trình cuộn của dải thép là từ 1.000 đến 3.000°C/phút.

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

trong đó sức căng của tấm trong bước ủ hoàn thiện là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

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

trong đó sức căng của tấm trong bước ủ hoàn thiện là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

18. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 15,

trong đó sức căng của tấm trong bước ủ hoàn thiện là nhỏ hơn hoặc bằng 3MPa, và tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 950°C thành 700°C là nhỏ hơn hoặc bằng 1°C/giây.

19. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 2, phương pháp này bao gồm các bước:

đúc liên tục thép nóng chảy;

cán nóng thổi thép mà thu được nhờ đúc liên tục;

cán nguội dải thép mà thu được nhờ cán nóng; và

ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội,

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

dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và

mức giảm cán trong bước cán nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 90%.

20. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 2, phương pháp này bao gồm các bước:

hóa rắn thép nóng chảy;

cán nguội dải thép thu được nhờ hóa rắn; và

ủ hoàn thiện tấm thép cán nguội mà thu được nhờ cán nguội,

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

dải thép có tỷ lệ hạt hình trụ là lớn hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ diện tích và cỡ hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và

mức giảm cán trong bước cán nguội là nhỏ hơn hoặc bằng 90%.