



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0049432
(51)^{2022.01} C21D 8/12; H01F 1/147; C22C 38/14; (13) B
C22C 38/58; C21D 9/46; C22C 38/00
-

- (21) 1-2023-06627 (22) 30/03/2022
(86) PCT/JP2022/016029 30/03/2022 (87) WO 2022/210890 A1 06/10/2022
(30) 2021-061872 31/03/2021 JP
(45) 25/08/2025 449 (43) 25/03/2024 432
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) Yoshiaki NATORI (JP); Hiroyoshi YASHIKI (JP); Minako FUKUCHI (JP);
Kazutoshi TAKEDA (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)
-

- (54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN CÓ CẤU TRÚC KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ
PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(21) 1-2023-06627

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có thành phần hóa học đã được xác định trước, và trong đó độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa, kích thước hạt trung bình của phân tán kết tinh của sắt nền là nhỏ hơn hoặc bằng 50 μ m, và trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1 μ m và hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được chứa trong sắt nền, số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng là lớn hơn hoặc bằng 5 lần số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

[0001]

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng và phương pháp sản xuất tấm thép này. Đơn này được yêu cầu hưởng quyền ưu tiên từ đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2021-61872, nộp ngày 31 tháng 3, 2021, nội dung của đơn này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

[0002]

Trong những năm gần đây, do nhu cầu tiết kiệm điện đối với các thiết bị điện được gia tăng trên toàn thế giới, các đặc tính hiệu suất cao hơn đã được yêu cầu đối với các tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng được sử dụng làm vật liệu cho các động cơ. Đặc biệt, có nhu cầu mạnh mẽ trong việc làm giảm tổn hao do sắt, và tổn hao do sắt thấp có thể đạt được bằng cách tăng điện trở cụ thể bằng cách tăng hàm lượng Si hoặc Al, và tăng đường kính hạt tinh thể.

[0003]

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có tổn hao do sắt thấp hơn, giải quyết vấn đề nitơ hóa trở nên rõ ràng trong tấm thép trong đó các sulfua được khử độc và sự phát triển hạt được cải thiện.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

[0004]

Tài liệu sáng chế 1

Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa được xét nghiệm, Công bố lần thứ nhất, số 2005-330527

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

[0005]

Việc sử dụng các động cơ cho các ứng dụng như các động cơ dẫn động của các xe ô tô hybrid trong môi trường có sự thay đổi ứng suất gây ra bởi các thay đổi về tốc độ quay theo quá trình hoạt động tăng/giảm tốc độ, sự rung của thân xe, và sự rung của nam châm trong các lỗ lắp nam châm. Do đó, ngoài độ bền cao có thể được áp dụng trong quá trình quay ở tốc độ cao và trong các bộ phận tập trung ứng suất, còn cần đến đặc tính mới trong điều kiện ứng suất lặp đi lặp lại, nghĩa là, độ bền mỏi.

[0006]

Tuy nhiên, trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng mà có độ bền kéo được tăng lên đến lớn hơn hoặc bằng 580MPa, có thể không thu được độ bền mỏi thích hợp đối với độ bền kéo này. Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa và có độ bền mỏi vượt trội.

Biện pháp để giải quyết vấn đề

[0007]

Các tác giả đã thực hiện các nghiên cứu sâu rộng về độ bền mỏi của các tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, trong tấm thép kỹ thuật điện có độ bền mỏi thấp, MnS mềm biến dạng, và trở thành điểm bắt đầu của các vết nứt. Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng, trong tấm thép kỹ thuật điện có độ bền mỏi cao, lượng MnS trong các chất lẫn là tương đối nhỏ.

[0008]

Ngoài ra, nhờ các nghiên cứu chuyên sâu bổ sung, đã phát hiện ra rằng độ bền mỏi được cải thiện bằng cách chuyển hóa các sulfua trong các chất lẫn thành các chất lẫn cứng hơn chứa Mg.

[0009]

Sáng chế đã được nghiên cứu thêm dựa trên các phát hiện nêu trên, và ý chính của nó là như sau.

[0010]

(1) Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo một phương án của sáng chế có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 2,5 đến 4,5%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3,5%, C: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%, P: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, S: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%, N: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%, O: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%, Mg: nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,0050%, Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%, V: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nd: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Bi: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, W: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Y: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, La: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, và, Ce: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất, trong đó độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa, kích thước hạt trung bình của phần tái kết tinh của sắt nền là nhỏ hơn hoặc bằng 50 μ m, và trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1 μ m và hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được chứa trong sắt nền, số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng là lớn hơn hoặc bằng 5 lần số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

[0011]

(2) Trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo mục (1), mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 5 μ m có thể nhỏ hơn 1,0 mảnh/mm².

[0012]

(3) Trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo mục (1), độ dày tấm có thể nhỏ hơn 0,30mm.

[0013]

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo một khác phương án của sáng chế là phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo mục (1), trong đó phương pháp này gồm các bước: sản xuất phôi thép dạng tấm bằng cách đúc; gia nhiệt phôi thép dạng tấm; cán nóng phôi thép dạng tấm đã được gia nhiệt để thu được tấm thép cán nóng; cuộn tấm thép cán nóng; cán nguội tấm thép cán nóng để thu được tấm thép cán nguội; và ủ tinh tấm thép cán nguội để thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng, trong đó, trong bước đúc, tốc độ làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1300°C đến 1200°C được đặt đến 50°C/s hoặc chậm hơn, trong bước gia nhiệt phôi thép dạng tấm, thời gian giữ ở nhiệt độ trung tâm cao hơn hoặc bằng 1,100°C được đặt đến ngắn hơn 2 giờ (không bao gồm 0), trong bước cuộn, nhiệt độ cuộn của tấm thép cán nóng được đặt đến cao hơn hoặc bằng 700°C, và trong bước ủ tinh, nhiệt độ tối đa được đặt đến nằm trong khoảng từ 700 đến 900°C.

Tác dụng của sáng chế

[0014]

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa và độ bền mỏi cũng vượt trội.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án để thực hiện sáng chế

[0015]

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

[0016]

Trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo một phương án của sáng chế, độ bền mỏi được cải thiện bằng cách chuyển hóa các sulfua trong các chất lẫn trong sắt nền thành các chất lẫn cứng hơn chứa Mg. Theo sáng chế, các chất lẫn cứng hơn chứa Mg được xác định như sau. Khi phân

tích nồng độ nguyên tố bằng phổ tia X phân tán năng lượng (sau đây được gọi là “EDS” (Energy Dispersive X-ray Spectrometry), khi tất cả các nguyên tố đã phát hiện được (không bao gồm C) được định lượng, các chất lẫn trong đó Mg với lượng lớn hơn 5% khối lượng được phát hiện và S với lượng lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được phát hiện được xác định là “các chất lẫn cứng hơn chứa Mg”. Theo sáng chế, trong số các chất lẫn cứng hơn chứa Mg, tập trung vào các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1µm.

[0017]

Do đó, trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1µm và các chất lẫn có hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng, số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng” là lớn hơn hoặc bằng 5 lần số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng”.

[0018]

Do đó, các chất lẫn được làm cho cứng lại, các chất lẫn này ít có khả năng trở thành các điểm bắt đầu của các vết nứt do biến dạng, và độ bền mỏi được cải thiện. Trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1µm và có hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được chứa trong sắt nền, số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 10 lần số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

[0019]

Việc phân tích các chất lẫn được thực hiện bằng cách quan sát vùng có độ dày toàn tấm bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope, SEM). Để thu được diện tích có thể quan sát, bề mặt quan sát có thể được chuẩn bị bằng đánh bóng xiên, hoặc bề mặt quan sát có thể được chuẩn bị bằng cách xếp lớp nhiều tấm thép. Tấm thép được cắt ra và được đổ đầy bằng nhựa sao cho bề mặt gồm hướng ngang (hướng vuông góc với hướng cán) và hướng độ dày tấm trở thành bề mặt quan sát. Tiếp theo, bề mặt quan sát của tấm

thép đã được đổ đầy bằng nhựa được đánh bóng. Diện tích cần quan sát có thể được thay đổi theo số lượng của các chất lẫn có mặt, và sẽ lớn hơn hoặc bằng 5mm^2 . Kích thước của các chất lẫn được xác định bằng cách đo kích thước của các chất lẫn bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh, và bằng cách xác định đường kính khi được chuyển đổi thành hình tròn tương đương. Các chất lẫn có thể được phân tích nguyên tố bằng cách sử dụng EDS, và thành phần được xác định bằng giá trị trung bình đối với toàn bộ khối lượng của các chất lẫn riêng biệt.

Trong mỗi khu vực quan sát, số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$ và hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng phát hiện được được xác định. Cụ thể, trước tiên, các chất lẫn trong mỗi khu vực quan sát được xác định từ sự tương phản. Trong số các chất lẫn đã được xác định, các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$ được phân tích nồng độ nguyên tố (phân tích EDS). Tất cả các nguyên tố phát hiện được (không bao gồm C) được định lượng, và các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$ và có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng và các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$ và có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được xác định.

Trong số các chất lẫn được xác định trong phạm vi khu vực quan sát được quan sát có diện tích lớn hơn hoặc bằng 5mm^2 , trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$ và có hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng, thu được số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và tỷ lệ của chúng được tính.

Khi mật độ số lượng ($\text{mảnh}/\text{mm}^2$) thu được dựa trên tổng diện tích của khu vực quan sát được quan sát, giá trị bằng số thu được được làm tròn đến vị trí số thập phân thứ ba. Ở đây, mật độ số lượng được đo bằng cách sử dụng thiết bị (thiết bị SEM-EDS) trong đó chức năng phân tích thành phần được truyền cho

kính hiển vi điện tử quét.

[0020]

Ngoài ra, nếu có các chất lẫn thô, các chất lẫn này có thể trở thành các điểm bắt đầu của các vết nứt, và làm giảm giới hạn mỏi. Do đó, các chất lẫn thô ít hơn là được ưu tiên. Cụ thể, mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ tốt hơn là nhỏ hơn $1,0$ mảnh/ mm^2 .

Phương pháp làm cho mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ nhỏ hơn $1,0$ mảnh/ mm^2 không bị giới hạn đặc biệt, và các ví dụ của nó gồm các phương pháp trong đó các chất lẫn nổi trên bề mặt của thép nóng chảy trong lúc thép nóng chảy còn lại trong gàu chuyên, trong quá trình đúc liên tục, một phan điện từ được đặt vào thép nóng chảy trong khuôn để kéo dài thời gian trong quá trình mà thép nóng chảy còn lại trong khuôn và cho phép các chất lẫn nổi trên bề mặt của thép nóng chảy, hoặc khuôn dài hơn theo hướng thẳng đứng được sử dụng để kéo dài thời gian trong quá trình mà thép nóng chảy còn lại trong khuôn và cho phép các chất lẫn nổi trên bề mặt của thép nóng chảy, và các chất lẫn nổi lên này được loại bỏ sau đó.

[0021]

Ngoài ra, việc nhận ra các chất lẫn chứa Mg được xác định theo sáng chế cũng góp phần làm cho mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ nhỏ hơn $1,0$ mảnh/ mm^2 . Các ví dụ của các chất lẫn thô có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ gồm Al_2O_3 và MnS. Giữa Al và Mg, Mg có khả năng khử oxy cao hơn so với Al. Do đó, khi sáng chế sử dụng Mg, Al_2O_3 được khử lần thứ hai trong giai đoạn luyện thép và MgO có thể được tạo ra. Nếu Al_2O_3 được sử dụng không thay đổi, thì nó có trọng lượng riêng lớn và có xu hướng còn lại trong thép nóng chảy, nhưng MgO có trọng lượng riêng nhỏ và dễ dàng nổi lên, và do đó dễ dàng được loại bỏ. Ngoài ra, đối với MnS, Mg có nhiều khả năng tạo ra các sulfua hơn so với Mn, và có nhiều khả năng bắt đầu kết tủa ở nhiệt độ cao hơn so với MnS. Do đó, lượng MnS kết tủa được giảm xuống. Hơn nữa, MgS, được phân tán đồng

đều trước tiên, trở thành vị trí kết tủa cho MnS kết tủa sau đó, và do đó tần suất hình thành MnS thô được tạo ra do chính nó được giảm xuống. Do đó, sự hình thành các chất lẫn thô có thể được giảm xuống bằng cách kiểm soát các chất lẫn Mg.

[0022]

Trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này, cấu trúc vi mô có gần như 100% ferit. Phần còn lại của cấu trúc vi mô là các chất lẫn và chất tương tự. Do đó, kích thước hạt trung bình của phần tái kết tinh là nhỏ hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$. Khi các hạt tinh thể thô hơn, độ bền giảm xuống. Ở đây, phần tái kết tinh dùng để chỉ các hạt tinh thể (các hạt tái kết tinh) có tỷ số kích thước (độ dài theo hướng cán/độ dài theo hướng độ dày tấm) nhỏ hơn hoặc bằng 3 trong số các hạt ferit. Mặt khác, các hạt không tái kết tinh có tỷ số kích thước lớn hơn 3. Khi cấu trúc vi mô được quan sát và kích thước hạt của các hạt không tái kết tinh và các hạt tái kết tinh được xác định, phương pháp sau đây có thể được sử dụng. Mảnh thử nghiệm có bề mặt quan sát gồm hướng cán và hướng độ dày tấm của tấm thép được chuẩn bị, và phần trung tâm của độ dày tấm được quan sát. Bề mặt quan sát của mảnh thử nghiệm được đánh bóng thành bề mặt gương, và sau đó được nhúng trong chất khắc ăn mòn nital 3% trong 10 giây, và cấu trúc được để lộ ra bằng cách khắc ăn mòn. Bề mặt quan sát đã được khắc ăn mòn được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 500. Các hạt tinh thể có tỷ số kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 3 được xác định từ bề mặt quan sát sau khi khắc ăn mòn, và kích thước hạt trung bình được tính từ đó. Kích thước hạt trung bình được xác định theo JIS G 0551: 2013 “Phương pháp kiểm tra bằng kính hiển vi kích thước hạt tinh thể của thép”. Giới hạn dưới của kích thước hạt trung bình của phần tái kết tinh không bị giới hạn đặc biệt, nhưng nếu các hạt tinh thể được làm mịn quá mức, và kích thước hạt trung bình quá nhỏ, hình dạng tấm của tấm thép có thể trở nên xấu hơn. Do đó, kích thước hạt trung bình của phần tái kết tinh tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng $2\mu\text{m}$, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng $15\mu\text{m}$. Ngoài ra, tỷ lệ của các hạt không tái kết tinh có thể bằng 100%. Khi không quan sát thấy các hạt tái kết tinh, kích thước hạt trung bình được xác

định theo sáng chế được đặt đến 0.

[0023]

Độ bền kéo của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này lớn hơn hoặc bằng 580MPa. Do thành phần hóa học để gia tăng độ bền kéo là đã biết, nó có thể được điều chỉnh một cách thích hợp. Thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này có thể là, chẳng hạn, thành phần hóa học sẽ được mô tả dưới đây. Ngoài ra, để thu được độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa, như sẽ được mô tả dưới đây, cần thiết điều chỉnh nhiệt độ ủ tinh.

Độ bền kéo được đo bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm kéo số 13B theo JIS Z 2241: 2011.

[0024]

Thành phần hóa học của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này không bị giới hạn đặc biệt miễn là nó có thể được áp dụng cho tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa. Sau đây, một ví dụ của thành phần hóa học được ưu tiên của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này sẽ được thể hiện. “%” trong phần mô tả của thành phần hóa học là “% khối lượng”. Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, Si: nằm trong khoảng từ 2,5 đến 4,5%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3,5%, C: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%, P: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, S: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%, N: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%, O: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%, Mg: nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,0050%, Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, V: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nd: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Bi: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, W: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Y: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%, Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%, La: nằm

trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, và, Ce: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất.

[0025]

Si là nguyên tố làm tăng độ bền của tấm thép. Ngoài ra, Si là nguyên tố làm tăng điện trở suất và được chứa để làm giảm tổn hao do sắt. Khi xét đến tác dụng này và việc ngăn chặn sự giảm mật độ từ thông bão hòa và độ giòn của thép, hàm lượng Si tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2,5 đến 4,5%. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2,8% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 3,0%. Ngoài ra, hàm lượng Si tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,2%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,0%.

[0026]

Giống như Si, sol. Al là nguyên tố làm tăng điện trở suất, và được chứa để làm giảm tổn hao do sắt. Do tác dụng làm giảm tổn hao do sắt đạt được ngay cả với Si, nên không cần chứa sol. Al. Do đó, hàm lượng sol. Al có thể bằng 0%. Hàm lượng sol. Al có thể lớn hơn hoặc bằng 0,3%, lớn hơn hoặc bằng 0,4%, lớn hơn hoặc bằng 0,5%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,6%. Mặt khác, để ngăn không cho mật độ từ thông bão hòa giảm xuống, hàm lượng sol. Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%. Hàm lượng sol. Al tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,8%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%. Hàm lượng sol. Al có thể nhỏ hơn hoặc bằng 1,2%. Ở đây, sol. Al có nghĩa là Al có thể tan trong axit mà không trở thành oxit như Al_2O_3 và có thể tan trong axit, và được xác định là Al được đo sau khi loại bỏ cặn không hòa tan trên giấy lọc tạo ra trong quy trình phân tích Al.\$\$

[0027]

Giống như Si và sol. Al, do Mn có chức năng làm tăng điện trở suất, nó được chứa để làm giảm tổn hao do sắt. Ngoài ra, Mn là nguyên tố làm tăng độ bền của tấm thép. Khi xét đến tác dụng này và việc ngăn chặn sự giảm mật độ từ thông bão hòa và độ giòn của thép, hàm lượng Mn tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3,5%. Hàm lượng Mn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,4%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,6%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,8%. Hàm lượng Mn có thể lớn hơn hoặc bằng 0,9%, lớn hơn hoặc bằng 1,0%,

hoặc lớn hơn hoặc bằng 1,2%. Ngoài ra, hàm lượng Mn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,3%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%. Hàm lượng Mn có thể nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%.

[0028]

C được chứa dưới dạng tạp chất. Để làm giảm tổn hao do sắt, hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng C tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Giới hạn dưới của C hàm lượng không bị giới hạn đặc biệt và có thể bằng 0%, và hàm lượng C có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0010% khi xét đến chi phí sản xuất.

[0029]

P là nguyên tố cải thiện độ bền của tấm thép. Do độ bền của tấm thép có thể được cải thiện bằng Si và Mn, nên không cần chứa P. Do đó, hàm lượng P có thể bằng 0%. Hàm lượng P có thể lớn hơn hoặc bằng 0,01%, lớn hơn hoặc bằng 0,02%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,04%. Mặt khác, để ngăn chặn sự giòn của tấm thép, hàm lượng P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Hàm lượng P tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,08%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,06%. Hàm lượng P có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,04%.

[0030]

S được chứa dưới dạng tạp chất. Để làm giảm tổn hao do sắt, S hàm lượng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng S tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Ngoài ra, để tạo ra các chất lẫn có hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng, hàm lượng S của tấm thép cần phải lớn hơn 0%. Hàm lượng S có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0006%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0007%.

[0031]

N được chứa dưới dạng tạp chất. Để làm giảm tổn hao do sắt, hàm lượng N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%. Nếu hàm lượng N nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, việc tạo ra quá nhiều chất lẫn và các chất kết tủa có thể được giảm xuống và sự xấu đi của các đặc tính từ và độ bền mỏi có thể được giảm hơn nữa. Hàm lượng N có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,0027%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Ngoài ra, vì N có thể không được chứa trong

tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng, giới hạn dưới của hàm lượng N có thể bằng 0%, nhưng để làm giảm sự tăng chi phí quá mức, thì hàm lượng N tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Hàm lượng N có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0014%, lớn hơn hoặc bằng 0,0017%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0020%.

[0032]

O được chứa dưới dạng tạp chất. Để làm giảm tổn hao do sắt, hàm lượng O tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%. Nếu hàm lượng O nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, việc tạo ra quá nhiều chất lẫn và các chất kết tủa có thể được giảm xuống và sự xấu đi của các đặc tính từ và độ bền mỏi có thể được giảm hơn nữa. Hàm lượng O có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,0027%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Ngoài ra, vì O có thể không được chứa trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng, giới hạn dưới của hàm lượng O có thể bằng 0%, nhưng để làm giảm sự tăng chi phí quá mức, hàm lượng O tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Hàm lượng O có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0014%, lớn hơn hoặc bằng 0,0017%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0020%.

[0033]

Mg là nguyên tố mà làm giảm tổn hao do sắt nhờ chức năng thúc đẩy sự phát triển của các hạt tinh thể, và là nguyên tố cải thiện độ bền mỏi bằng cách chuyển hóa các sulfua trong các chất lẫn thành các chất lẫn cứng hơn chứa Mg. Để thu được tác dụng này, khi xét đến chi phí, hàm lượng Mg tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,0050%. Hàm lượng Mg tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Hàm lượng Mg tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

[0034]

Ti là nguyên tố được chứa dưới dạng tạp chất. Ti được phối hợp với C, N, O, hoặc nguyên tố tương tự trong sắt nền để tạo ra các chất kết tủa mịn như TiN, TiC, và các Ti oxit, ức chế sự phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ và làm xấu đi các đặc tính từ. Do đó, hàm lượng Ti tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng

0,0030%. Hàm lượng Ti tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%. Vì không cần chứa Ti, giới hạn dưới của hàm lượng này là 0%. Khi xét đến chi phí tinh luyện, hàm lượng Ti có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0003% hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

[0035]

Phần còn lại của thành phần hóa học được tạo nên bởi Fe và các tạp chất. Các tạp chất dùng để chỉ các thành phần được bao gồm trong các nguyên liệu thô hoặc các thành phần được trộn lẫn trong quá trình sản xuất, và các thành phần không được chứa một cách có chủ ý trong tấm thép. Các ví dụ của các tạp chất gồm Zn và B.

[0036]

Ngoài ra, tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này có thể chứa V: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Zr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nd: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Bi: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, W: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Y: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, và Ca: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%.

[0037]

V và Nb là các nguyên tố góp phần làm tăng độ bền của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng. Vì V và Nb có thể không được chứa, các lượng của mỗi nguyên tố trong số V và Nb có thể bằng 0%, nhưng để thu được tác dụng nêu trên, và các lượng của mỗi nguyên tố trong số V và Nb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Các lượng của mỗi nguyên tố trong số V và Nb có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0023%. Mặt khác, nếu mỗi nguyên tố trong số V và Nb được chứa quá nhiều, vì các chất kết tủa mịn ức chế sự phát triển hạt và làm xấu đi tổn hao do sắt, các lượng của mỗi nguyên tố trong số V và Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Các lượng của mỗi nguyên tố trong số V và Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%.

[0038]

Zr, Nd, Bi, W, và Y là các nguyên tố làm giảm các chất kết tủa mịn và cải thiện sự phát triển hạt của các hạt tinh thể. Kết quả là, năng suất được cải thiện.

Do các nguyên tố nêu trên có thể không được chứa, các lượng của mỗi nguyên tố trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y có thể bằng 0%, và để thu được tác dụng nêu trên, các lượng của mỗi trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Các lượng của mỗi nguyên tố trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0015%. Mặt khác, ngay cả khi mỗi nguyên tố trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y được chứa quá nhiều, do tác dụng nêu trên được tối đa hóa, các lượng của mỗi nguyên tố trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Các lượng của mỗi nguyên tố trong số Zr, Nd, Bi, W, và Y tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%.

[0039]

Sb là nguyên tố cải thiện các đặc tính từ, chẳng hạn, B50. Vì Sb có thể không được chứa, hàm lượng Sb có thể bằng 0%, để thu được tác dụng nêu trên, hàm lượng Sb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0050%. Hàm lượng Sb tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Mặt khác, ngay cả khi Sb được chứa quá nhiều, do tác dụng nêu trên được tối đa hóa, hàm lượng Sb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Hàm lượng Sb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%.

[0040]

Ngoài ra, ngoài các nguyên tố nêu trên, tấm thép có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Ni, Cr, Cu, Sn, La, và Ce thay cho một ít Fe.

[0041]

Ni là nguyên tố làm tăng điện trở của tấm thép và làm giảm tổn hao do sắt. Không cần thiết chứa Ni, và giới hạn dưới của hàm lượng Ni là 0%. Mặc dù tác dụng của chất lẫn Ni thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn một cách đáng tin cậy, hàm lượng Ni tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,02%. Khi xét đến chi phí sản xuất, hàm lượng Ni tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%.

[0042]

Cr là nguyên tố cải thiện khả năng chống ăn mòn và các đặc tính tàn số cao. Không cần thiết chứa Cr, và giới hạn dưới của Cr hàm lượng là 0%. Mặc dù

tác dụng của chất lẫn Cr thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn một cách đáng tin cậy, hàm lượng Cr tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,02%. Khi xét đến chi phí sản xuất, hàm lượng Cr tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%.

[0043]

Cu là nguyên tố làm tăng điện trở của tấm thép và làm giảm tổn hao do sắt. Không cần thiết chứa Cu, và giới hạn dưới của hàm lượng Cu là 0%. Mặc dù tác dụng của chất lẫn Cu thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn một cách đáng tin cậy, hàm lượng Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,02%. Khi xét đến chi phí sản xuất, để ngăn chặn sự giòn của thép, hàm lượng Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%.

[0044]

Sn là nguyên tố thể hiện sự định hướng tinh thể được ưu tiên đối với các đặc tính từ. Không cần thiết chứa Sn, và giới hạn dưới của hàm lượng Sn là 0%. Mặc dù tác dụng của chất lẫn Sn thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn một cách đáng tin cậy, hàm lượng này tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,02%. Để ngăn không cho các đặc tính từ trở nên xấu hơn, hàm lượng Sn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%.

[0045]

La là nguyên tố làm thô các sulfua, cải thiện sự phát triển của các hạt tinh thể trong bước xử lý nhiệt, và góp phần làm giảm tổn hao do sắt. Không cần thiết chứa La, và giới hạn dưới của hàm lượng là La 0%. Mặc dù tác dụng của chất lẫn La thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn một cách đáng tin cậy, hàm lượng La tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Để ngăn không cho các đặc tính từ trở nên xấu hơn, hàm lượng La tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

[0046]

Ce là nguyên tố làm thô các sulfua, cải thiện sự phát triển của các hạt tinh thể trong bước xử lý nhiệt, và góp phần làm giảm tổn hao do sắt. Không cần thiết chứa Ce, và giới hạn dưới của Cu hàm lượng là 0%. Mặc dù tác dụng của chất lẫn Ce thu được ngay cả khi lượng này rất nhỏ, để thu được tác dụng của chất lẫn này một cách đáng tin cậy, hàm lượng Ce tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Để ngăn không cho các đặc tính từ trở nên xấu hơn, hàm lượng Ce tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

[0047]

Ngoài ra, ngoài các nguyên tố nêu trên, thay cho Fe, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có As, Ga, Ge, Se, Co, và Pb có thể được chứa nằm trong khoảng từ 0 đến 0,01%.

[0048]

Độ dày tấm của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này tốt hơn là nhỏ hơn 0,30mm. Nếu độ dày tấm nhỏ hơn 0,30mm, sự xấu đi của các đặc tính từ được giảm xuống.

[0049]

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

[0050]

Trước tiên, phôi thép dạng tấm có thành phần hóa học đã được xác định trước được sản xuất. Trước tiên, phôi tấm được làm nóng chảy trong lò chuyển, lò điện hoặc tương tự, và ngoài ra, được xử lý khử khí chân không nếu cần để thu được thép nóng chảy. Sau đó, thép nóng chảy thu được được đúc liên tục hoặc lát thành tấm sau khi tạo thời để tạo ra phôi tấm có độ dày nằm trong khoảng từ 30 đến 400mm. Trong trường hợp này, tốc độ làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1300°C đến 1200°C được đặt đến 50°C/s hoặc chậm hơn. Nếu tốc độ làm nguội quá nhanh, MgS không được sản xuất theo cách được ưu tiên so với MnS, và số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng giảm xuống, và kết quả là, độ bền mỏi của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng

giảm xuống. Độ dày của phôi thép dạng tấm có thể lớn hơn hoặc bằng 150mm. Ngoài ra, độ dày của phôi thép dạng tấm có thể nhỏ hơn hoặc bằng 350mm.

[0051]

Sau khi phôi thép dạng tấm được sản xuất, phôi thép dạng tấm này được gia nhiệt lần nữa, và cán nóng để thu được tấm thép cán nóng. Trong trường hợp này, trong quá trình gia nhiệt phôi thép dạng tấm, thời gian giữ ở nhiệt độ trung tâm cao hơn hoặc bằng 1100°C là ngắn hơn 2 giờ (không bao gồm 0). Nếu thời gian giữ quá dài, lượng của các sulfua có hàm lượng Mg thấp tăng lên, và kết quả là, độ bền mỏi của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng giảm xuống. Các điều kiện cán nóng không bị giới hạn đặc biệt. Chẳng hạn, nhiệt độ cán tinh trong quá trình cán tinh có thể nằm trong khoảng từ 700 đến 1050°C.

[0052]

Sau khi cán nóng, bước cuộn, ủ dải nóng, và cán nguội được thực hiện. Nhiệt độ cuộn trong quá trình cán nóng cao hơn hoặc bằng 700°C. Nhiệt độ cuộn trong quá trình cán nóng, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 700 đến 1000°C. Nếu nhiệt độ cuộn thấp hơn 700°C, điều này là không được ưu tiên vì chỉ có S ở trạng thái dung dịch rắn ở thời điểm này tạo ra MnS và MnS không chứa Mg có thể được tạo ra. Các điều kiện khác không bị giới hạn đặc biệt. Bước ủ dải nóng có thể được bỏ qua. Bước ủ dải nóng có thể được thực hiện bằng cách, chẳng hạn, ủ liên tục ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 950°C và thấp hơn hoặc bằng 1050°C trong thời gian dài hơn hoặc bằng 10 giây và ngắn hơn hoặc bằng 3 phút. Bước cán nguội có thể được thực hiện, chẳng hạn, ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến 300°C ở tỷ lệ giảm cán nằm trong khoảng từ 70 đến 90%.

[0053]

Sau khi bước cán nguội được thực hiện để thu được tấm thép cán nguội, tấm thép này được ủ tinh để thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng. Để thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo cao và độ bền mỏi vượt trội, bước ủ tinh được thực hiện ở nhiệt độ thấp. Cụ thể, bước ủ tinh được thực hiện với nhiệt độ tối đa nằm trong

khoảng từ 700 đến 900°C và thời gian ủ nóng đều, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 10 đến 60 giây. Ở đây, thời gian ủ nóng đều là thời gian trong quá trình mà nhiệt độ tối đa đạt -10°C. Nhiệt độ tối đa tối ưu hơn nữa có thể được điều chỉnh một cách thích hợp theo thành phần hóa học. Theo bước ủ tinh ở nhiệt độ thấp, sự phát triển của các hạt tinh thể được ức chế, kích thước hạt trung bình của phần tái kết tinh là nhỏ hơn hoặc bằng 50μm, và có thể thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo cao và độ bền mỏi vượt trội.

[0054]

Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng được sản xuất như đã mô tả ở trên có độ bền mỏi vượt trội với độ bền kéo cao là lớn hơn hoặc bằng 580MPa.

[0055]

Độ bền mỏi có thể thu được bằng thử nghiệm kéo tạo xung theo JIS Z 2273: 2011. Cụ thể, mẫu thử nghiệm mỏi trong đó hướng cán và hướng kéo khớp với nhau được lấy từ tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng. Mẫu thử nghiệm JIS 2-15 được sử dụng làm hình dạng mẫu thử nghiệm. Các bề mặt cuối của phần song song và phần R được đánh bóng bằng giấy nhám 600, và thử nghiệm kéo tạo xung sau đó được thực hiện ở nhiệt độ trong phòng trong môi trường khí quyển. Ứng suất tối đa tại đó sự phá vỡ không xảy ra sau khi 2 triệu chu kỳ tải trọng ứng suất lặp đi lặp lại ở hệ số ứng suất bằng 0,10 và tần số 20Hz được sử dụng làm độ bền mỏi (MPa). Theo sáng chế, nếu độ bền mỏi lớn hơn hoặc bằng 450MPa, xác định được rằng độ bền mỏi là vượt trội.

[0056]

Các ví dụ của các phương án được ưu tiên của sáng chế đã được mô tả, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ nêu trên. Các phương án nêu trên chỉ là các ví dụ, và phương án bất kỳ về cơ bản có cấu hình giống như ý tưởng kỹ thuật được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ của sáng chế và thể hiện các quá trình hoạt động và tác dụng tương tự đều được bao gồm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế. Chẳng hạn, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo phương án này có thể gồm các bước sản xuất đã

biết khác.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[0057]

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dựa vào các ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở đó. Có thể dễ dàng hiểu được rằng người có kỹ năng trong lĩnh vực này có thể thực hiện các ví dụ sửa đổi các thay thế khác nhau và trong phạm vi của các ý tưởng được mô tả trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ, và những điều này đương nhiên cũng nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

[0058]

Ví dụ 1

Loại thép (không chứa Mg) có thành phần hóa học chứa Si: 3,3%, sol. Al: 0,7%, Mn: 1,2%, C: 0,002%, P: 0,02%, S: 0,0010%, và Ti: 0,0015%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất, và loại thép (bổ sung Mg) chứa Mg: 0,0013% thay cho một phần của Fe trong loại thép trên được sử dụng để điều chế tấm thép kỹ thuật điện, và độ bền kéo và độ bền mỏi được đo bằng phương pháp đã nêu ở trên.

[0059]

Trong quá trình sản xuất các tấm thép kỹ thuật điện, tốc độ làm nguội từ nhiệt độ 1300°C đến 1200°C trong bước đúc là 30°C/s, thời gian giữ ở nhiệt độ trung tâm cao hơn hoặc bằng 1100°C trong bước gia nhiệt thép dạng tấm trước khi cán nóng là 1 giờ, nhiệt độ cuộn là 750°C, và nhiệt độ ủ tinh được thay đổi giữa 750 và 1000°C.

[0060]

Bảng 1 thể hiện độ bền kéo và độ bền mỏi của các tấm thép kỹ thuật điện với các nhiệt độ ủ tinh khác nhau và có và không có Mg. Trong thử nghiệm này, độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa và độ bền mỏi lớn hơn hoặc bằng 450MPa được xác định là đạt yêu cầu. Trong tấm thép kỹ thuật điện được bổ sung Mg có thành phần hóa học nêu trên, các kết quả có lợi thu được khi nhiệt độ ủ tinh được đặt đến nằm trong khoảng từ 750 đến 800°C.

[0061]

Bảng 1

Nhiệt độ ủ tinh (°C)	Có bổ sung Mg		Không bổ sung Mg	
	TS (MPa)	$\sigma_{\max}$ (MPa)	TS (MPa)	$\sigma_{\max}$ (MPa)
750	631	510	624	470
800	620	500	618	460
850	589	460	587	440
900	573	440	570	420
950	558	420	555	410
1000	541	410	539	400

[0062]

Ví dụ 2

Bằng cách sử dụng các tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có các thành phần được thể hiện trong các bảng 2A và 2B, trong các điều kiện gồm tốc độ làm nguội trong quá trình đúc, thời gian giữ trong lò gia nhiệt trước khi cán nóng ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 1100°C, nhiệt độ cuộn, và nhiệt độ tối đa trong quá trình ủ tinh được thể hiện trong bảng 3A, các tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ dày tấm được thể hiện trong bảng 3A được sản xuất.

[0063]

Trong tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng đã được sản xuất, số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%” trên mỗi 1mm², số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%” trên mỗi 1mm², kích thước hạt trung bình của phần kết tinh lại, độ bền kéo, và độ bền mỏi được đo bằng các phương pháp nêu trên.

[0064]

Thử nghiệm quan sát cấu trúc vi mô

Cấu trúc vi mô của tấm thép của mỗi số thử nghiệm được quan sát bằng phương pháp sau đây, và thu được kích thước hạt của phần tái kết tinh của cấu trúc ferit. Mẫu thử nghiệm gồm bề mặt gồm hướng cán và hướng độ dày tấm của mỗi tấm thép được chuẩn bị, bề mặt quan sát của mẫu thử nghiệm được đánh bóng thành bề mặt gương, và sau đó được nhúng vào chất khắc ăn mòn nital 3% trong 10 giây, và cấu trúc được lộ ra bằng cách khắc ăn mòn. Bề mặt quan sát đã được khắc ăn mòn được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 100 trong 3 khu vực quan sát. Vùng trong đó tỷ số kích thước (độ dài theo hướng cán/độ dài theo hướng độ dày tấm) của các hạt ferit nhỏ hơn hoặc bằng 3 được xác định, và kích thước hạt trung bình của ferit trong vùng đó được xác định theo JIS G 0551: 2013 “Phương pháp kiểm tra bằng kính hiển vi kích thước hạt tinh thể của thép”.

[0065]

Kiểm tra đo mật độ số lượng đối với chất lẫn

8 tấm thép có độ dày tấm bằng 0,25mm được đặt chồng lên nhau, và mảnh thử nghiệm được đổ đầy nhựa sao cho bề mặt gồm hướng ngang (hướng vuông góc với hướng cán) và hướng độ dày tấm trở thành bề mặt quan sát, và bề mặt quan sát của mẫu thử nghiệm đã được đổ đầy nhựa được đánh bóng. Vùng có độ dày toàn tấm chồng lên nhau được quan sát bằng cách sử dụng SEM cùng với EDS. Kích thước của các chất lẫn được đo bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh, và đường kính khi được chuyển đổi thành đường kính vòng tròn tương đương được tính. Trong phạm vi 5mm², tất cả các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1µm được quan sát. Sau đó, các chất lẫn lớn hơn hoặc bằng 1µm được phân tích EDS, trong số các chất lẫn có “hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng” và “hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng”, mật độ số lượng của các chất lẫn có “hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và lớn hơn 5% khối lượng” được đo. Khi mật độ số lượng (mảnh/mm²) thu được dựa trên tổng diện tích, giá trị bằng số thu được được làm tròn đến chữ số thập phân thứ ba, và được sử dụng làm mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1µm. Các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn 5µm được xác định chỉ bằng kích thước của chúng bất kể các thành phần, và tương tự, mật độ số lượng được đo dựa trên tổng diện tích. Trong trường hợp này, vì không cần đến việc tính tỷ lệ, mật độ số lượng thu được bằng cách thực hiện việc làm tròn đến chữ số thập phân thứ hai.

[0066]

Các đặc tính từ

Tổn hao do sắt $W_{10/400}$ của tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng ở tần số 400Hz và mật độ từ thông 1,0T thu được bằng phương pháp dòng điện kích thích theo phương pháp đo các đặc tính từ của các dải thép kỹ thuật điện bằng cách sử dụng thử nghiệm Epstein được mô tả trong JIS C 2550-1: 2011.

[0067]

Các kết quả được thể hiện trong Bảng 3B. Trong bảng 3B, “Mg: nhỏ hơn hoặc bằng 5%” có nghĩa là số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%” trên mỗi 1mm^2 , “Mg: lớn hơn 5%” có nghĩa là số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%” trên mỗi 1mm^2 , và tỷ lệ này là tỷ lệ của số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%” với số lượng của “các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5%”. Ngoài ra, trong bảng 3, “lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ ” cho biết mật độ số lượng (mảnh/ mm^2) của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$.

[0068]

Bảng 2A

Thứ nghịem số	Loại thép	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại gồm Fe và các tạp chất)												
		Si	sol. Al	Mn	C	P	S	N	O	Mg	Ti	V	Zr	Sb
1	A	3,4	0,3	0,9	0,0021	0,01	0,0011	0,0026	0,0015	0,0007	0,0013	-	-	-
2	B	2,6	1,3	1,5	0,0026	0,04	0,0021	0,0022	0,0028	0,0004	0,0007	-	-	-
3	C	3,7	0,3	1,0	0,0029	0,01	0,0006	0,0024	0,0020	0,0003	0,0011	-	-	-
4	D	3,2	0,4	0,5	0,0022	0,01	0,0014	0,0022	0,0026	0,0001	0,0014	-	-	-
5	E	2,4	1,2	0,7	0,0022	0,08	0,0013	0,0023	0,0026	0,0010	0,0008	-	-	-
6	F	3,5	0,2	0,4	0,0027	0,06	0,0007	0,0017	0,0014	0,0008	0,0018	-	-	-
7	G	3,2	1,2	0,6	0,0016	0,01	0,0015	0,0014	0,0011	0,0006	0,0009	-	-	-
8	H	4,1	0,3	0,4	0,0018	0,01	0,0018	0,0024	0,0016	0,0034	0,0022	-	-	-
9	I	3,1	0,4	3,0	0,0022	0,01	0,0023	0,0019	0,0014	0,0021	0,0027	-	-	-
10	J	2,8	1,8	1,2	0,0026	0,01	0,0014	0,0021	0,0019	0,0014	0,0012	-	-	-
11	K	3,1	1,2	0,4	0,0018	0,02	0,0013	0,0017	0,0025	0,0011	0,0024	-	-	-
12	L	3,3	0,5	0,5	0,0024	0,01	0,0021	0,0022	0,0017	0,0013	0,0011	-	-	-
13	M	3,5	0,3	0,6	0,0015	0,01	0,0009	0,0027	0,0013	0,0011	0,0007	-	-	-
14	N	3,5	0,5	0,6	0,0017	0,01	0,0007	0,0021	0,0020	0,0023	0,0016	-	-	-
15	O	3,2	0,3	0,9	0,0014	0,01	0,0011	0,0018	0,0027	0,0025	0,0019	-	-	-
16	P	3,3	0,7	0,9	0,0018	0,01	0,0017	0,0011	0,0022	0,0016	0,0006	0,0019	-	-
17	Q	3,5	0,3	0,2	0,0022	0,01	0,0011	0,0014	0,0024	0,0023	0,0011	-	-	-
18	R	3,2	0,6	0,4	0,0026	0,01	0,0008	0,0023	0,0015	0,0016	0,0013	-	-	-
19	S	2,9	0,4	1,7	0,0011	0,02	0,0021	0,0016	0,0022	0,0017	0,0021	-	-	0,0050
20	T	3,8	0,6	0,3	0,0024	0,01	0,0016	0,0017	0,0026	0,0016	0,0023	-	-	-
21	U	3,1	0,2	0,2	0,0022	0,05	0,0028	0,0027	0,0028	0,0002	0,0029	-	-	-
22	V	3,6	0,4	1,2	0,0017	0,01	0,0022	0,0015	0,0018	0,0016	0,0012	-	-	-
23	W	3,7	0,9	0,1	0,0025	0,01	0,0027	0,0021	0,0018	0,0031	0,0011	-	0,0023	-

“_” cho biết rằng thành phần đó không được thêm vào một cách có chủ ý

[0069]

Bảng 2B

Thứ nghiệm số	Loại thép	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại gồm Fe và các tạp chất)											
		Nd	Bi	W	Nb	Y	Ni	Cr	Cu	Sn	La	Ce	Zn
1	A	-	-	-	-	-	-	0,05	-	-	-	-	-
2	B	-	-	-	-	-	-	-	-	0,03	-	-	-
3	C	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-	-	-
4	D	-	-	-	-	-	-	-	0,06	-	-	-	-
5	E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
6	F	-	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-
7	G	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
8	H	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-	-	-	-
9	I	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	J	-	-	-	-	-	-	-	0,04	-	-	-	-
11	K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12	L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
13	M	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
14	N	-	-	-	-	-	-	-	-	0,02	0,0010	0,0020	-
15	O	-	-	-	-	-	0,05	0,05	-	-	-	-	-
16	P	-	-	0,0011	0,0016	-	-	-	-	-	-	-	-
17	Q	0,0010	-	-	-	0,0011	-	-	-	-	0,0020	0,0010	-
18	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
19	S	-	0,0012	-	-	-	-	-	-	0,01	-	-	-
20	T	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0013
21	U	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[illegible]

“_” cho biết rằng thành phần đó không được thêm vào một cách có chủ ý

[0070]

Bảng 3A

Thứ nghị số	Loại thép	Độ dày phôi tấm (mm)	Tốc độ làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1300°C đến 1200°C trong bước đúc (°C/s)	Thời gian giữ ở nhiệt độ trung tâm cao hơn hoặc bằng 1100°C trong bước gia nhiệt phôi tấm (giờ)	Nhiệt độ cuộn (°C)	Nhiệt độ tối đa trong quá trình ủ tĩnh (°C)	Độ dày tấm (mm)
1	A	250	30	1	720	810	0,25
2	B	250	30	1	720	840	0,25
3	C	250	30	1	720	890	0,25
4	D	250	30	1	720	760	0,25
5	E	250	30	1	720	800	0,25
6	F	250	30	1	900	810	0,25
7	G	250	30	1	720	880	0,25
8	H	250	30	1	720	890	0,25
9	I	350	30	1	720	860	0,25
10	J	150	30	1	720	850	0,25
11	K	250	60	1	720	820	0,25
12	L	250	30	3	720	800	0,25
13	M	250	30	1	720	950	0,25
14	N	250	30	1	720	850	0,25
15	O	250	30	1	720	740	0,25
16	P	250	1	1	720	840	0,25
17	Q	250	50	1	720	850	0,25
18	R	250	1	1	680	810	0,25
19	S	250	1	1	720	710	0,25
20	T	250	0,5	1	720	880	0,25
21	U	250	1	1	720	730	0,30
22	V	250	1	1	720	690	0,25
23	W	250	1	1	720	890	0,25

Phần gạch chân chỉ ra rằng giá trị đó nằm ngoài phạm vi của sáng chế hoặc không đạt được các đặc tính mong muốn.

[0071]

Bảng 3B

Thử nghiệm số	Loại thép	Mg: nhỏ hơn hoặc bằng 5% (mảnh/mm ²)	Mg: lớn hơn 5% (mảnh/mm ²)	Tỷ lệ	Lớn hơn hoặc bằng 5μm (mảnh/mm ²)	Đường kính hạt tinh thể trung bình của phần tái kết tinh của sắt nền (μm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ bền mối (MPa)	W10/400 (W/kg)	Ghi chú
1	A	0,04	0,77	19,3	0,7	18	608	480	16,2	Ví dụ của sáng chế
2	B	0,13	0,84	6,5	0,7	21	583	460	15,4	Ví dụ của sáng chế
3	C	0,04	0,22	5,5	0,9	36	614	470	13,6	Ví dụ của sáng chế
4	D	0,35	0,14	0,4	1,1	12	605	440	18,2	Ví dụ so sánh
5	E	0,30	1,30	4,3	0,6	17	561	440	16,7	Ví dụ so sánh
6	F	0,02	0,56	28,0	0,7	19	616	490	16,2	Ví dụ của sáng chế
7	G	0,06	0,90	15,0	0,7	31	600	460	14,0	Ví dụ của sáng chế
8	H	0,01	2,10	210,0	0,3	45	639	490	12,9	Ví dụ của sáng chế
9	I	0,03	1,82	60,7	0,4	27	605	470	14,1	Ví dụ của sáng chế
10	J	0,03	1,21	40,3	0,5	26	605	470	14,3	Ví dụ của sáng chế
11	K	0,15	0,43	2,9	0,3	20	606	440	15,7	Ví dụ so sánh
12	L	0,22	0,84	3,8	0,5	16	604	440	16,8	Ví dụ so sánh
13	M	0,02	0,99	49,5	0,6	60	567	420	12,7	Ví dụ so sánh
14	N	0,01	1,24	124,0	0,4	27	605	470	14,7	Ví dụ của sáng chế
15	O	0,01	1,82	182,0	0,4	13	603	490	17,7	Ví dụ của sáng chế
16	P	0,03	2,72	90,7	0,5	26	594	470	14,8	Ví dụ của sáng chế
17	Q	0,01	1,78	178,0	0,4	23	593	470	15,6	Ví dụ của sáng chế
18	R	0,41	1,28	3,1	0,4	19	588	440	16,2	Ví dụ so sánh
19	S	0,03	3,57	119,0	0,5	13	595	480	17,6	Ví dụ của sáng chế
20	T	0,03	2,56	85,3	0,4	32	630	490	14,0	Ví dụ của sáng chế
21	U	0,05	3,92	78,4	1,0	12	589	430	20,1	Ví dụ so sánh
22	V	0,03	3,52	117,3	0,8	9	682	550	20,1	Ví dụ so sánh
23	W	0,02	2,15	107,5	0,4	38	623	480	13,4	Ví dụ của sáng chế

Phần gạch chân chỉ ra rằng giá trị đó nằm ngoài phạm vi của sáng chế hoặc không đạt được các đặc tính mong muốn.

[0072]

Theo sáng chế, xác nhận được rằng thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa và độ bền uốn lớn hơn hoặc bằng 450MPa.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng,

Si: nằm trong khoảng từ 2,5 đến 4,5%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,1 đến 3,5%,

C: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%,

P: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

S: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%,

N: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%,

O: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,050%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,0050%,

Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0030%,

V: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Nd: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Bi: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

W: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Y: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

và, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%,

Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,5%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,2%,

La: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, và

Ce: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0050%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 580MPa,

kích thước hạt trung bình của phân tái kết tinh của sắt nền là nhỏ hơn hoặc bằng 50 μ m, và

trong các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 1 μ m và có hàm lượng S lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng được chứa trong sắt nền, số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng là lớn hơn hoặc bằng 5 lần số lượng của các chất lẫn có hàm lượng Mg nhỏ hơn hoặc bằng 5% khối lượng và hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 5% khối lượng.

2. Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo điểm 1,

trong đó mật độ số lượng của các chất lẫn có đường kính vòng tròn tương đương lớn hơn hoặc bằng 5 μ m nhỏ hơn 1,0 mảnh/mm².

3. Tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo điểm 1,

trong đó độ dày tấm nhỏ hơn 0,30mm.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng theo điểm 1, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

sản xuất phôi thép dạng tấm bằng cách đúc;

gia nhiệt phôi thép dạng tấm;

cán nóng phôi thép dạng tấm đã được gia nhiệt để thu được tấm thép cán nóng;

cuộn tấm thép cán nóng;

cán nguội tấm thép cán nóng để thu được tấm thép cán nguội; và

ủ tinh tấm thép cán nguội để thu được tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng,

trong đó, trong bước đúc, tốc độ làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1300°C đến 1200°C được đặt đến 50°C/s hoặc chậm hơn,

trong bước gia nhiệt phôi thép dạng tấm, thời gian giữ ở nhiệt độ trung tâm cao hơn hoặc bằng 1100°C được đặt đến ngắn hơn 2 giờ (không bao gồm 0),

trong bước cuộn, nhiệt độ cuộn của tấm thép cán nóng được đặt đến cao hơn hoặc bằng 700°C, và

trong bước ủ tinh, nhiệt độ tối đa được đặt đến nằm trong khoảng từ 700 đến 900°C.