



(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



1-0049162

(51)^{2022.01} C22C 38/00; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12

(21) 1-2023-05443

(22) 19/02/2021

(86) PCT/JP2021/006344 19/02/2021

(87) WO 2022/176158 A1 25/08/2022

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/12/2023 429A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) ARITA Yoshihiro (JP); FUJIKURA Masahiro (JP).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG DÙNG CHO TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP CÁN NÓNG DÙNG CHO TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(21) 1-2023-05443

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, trong đó thành phần hóa học gồm các hàm lượng Si, Mn, Al, Ti, Nb, V, và Zr đã được định sẵn, trong đó, khi nhìn mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng độ dày, AlN có đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong hạt và tại biên hạt của hạt ferit, một giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt là 8,0 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở khu vực được quan sát, và một giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại ở biên hạt là 40 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích biên hạt.

Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

[0001]

Sáng chế đề cập tới tấm thép cán nóng để cải thiện đặc tính từ tính dùng cho tấm thép điện không định hướng, phương pháp để sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, và phương pháp để sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

[0002]

Tấm thép điện không định hướng chủ yếu được sử dụng làm vật liệu cốt lõi cho máy điện quay hoặc các thiết bị tương tự. Trong những năm gần đây, ngay cả trong những lĩnh vực sử dụng tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp, nhu cầu nâng cao hiệu suất của máy móc cũng tăng lên. Do đó, ngay cả trong tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp, cần phải tăng mật độ từ thông và giảm tổn hao sắt mà không làm tăng chi phí.

[0003]

Hơn nữa, trong những năm gần đây, do các máy điện quay ngày càng được điều khiển bằng thiết bị biến tần, nên cần phải cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao. Do đó, ngay cả trong các loại tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp, cần phải giảm tổn hao sắt ở tần số cao.

[0004]

Nhìn chung, tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp có thành phần hóa học trong đó hàm lượng Si thấp hơn và xảy ra quá trình chuyển hóa α - γ (chuyển hóa ferit-austenit) trong quá trình sản xuất. Trước đây, đối với tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp, một phương pháp cải thiện các đặc tính từ tính bằng cách lược bỏ quá trình ủ tấm thép cán nóng đã được đề xuất.

[0005]

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp trong đó quá trình cán nóng được hoàn thành tại điểm chuyển đổi Ar₃ hoặc lớn hơn và quá trình làm nguội chậm với tốc độ ở 5°C/giây hoặc nhỏ hơn được thực hiện trong phạm vi nhiệt độ

từ điểm chuyển đổi Ar3 đến điểm chuyển đổi Ar1. Tuy nhiên, rất khó để đạt được tốc độ làm mát như trên trong quá trình sản xuất công nghiệp.

[0006]

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp thêm Sn vào thép và kiểm soát nhiệt độ cuối cùng của quá trình cán nóng tùy thuộc vào hàm lượng Sn để thu được mật độ từ thông cao. Tuy nhiên, trong phương pháp này, hàm lượng Si được giới hạn ở mức 0,4% hoặc nhỏ hơn, không đủ để đạt được mức tổn hao sắt thấp.

[0007]

Tài liệu sáng chế 3 đề cập đến tấm thép có mật độ từ thông cao, trong đó sự phát triển của hạt được cải thiện trong quá trình ủ giảm ứng suất bằng cách giới hạn nhiệt độ gia nhiệt và nhiệt độ cuối cùng trong quá trình cán nóng. Tuy nhiên, trong phương pháp này, quá trình như tự ủ thay thế cho quá trình ủ tấm cán nóng không được tiến hành, và do đó, rất khó để thu được mật độ từ thông cao.

[0008]

Tài liệu sáng chế 4 đề cập đến phương pháp tăng mật độ từ thông bằng cách kiểm soát thành phần hóa học của thép và các điều kiện cán nóng. Trong tài liệu sáng chế 4, đối với các vấn đề như AlN được kết tủa mịn ở biên hạt α trong quá trình chuyển đổi từ γ sang α và sự phát triển của hạt bị ức chế trong quá trình tự ủ của tấm cán nóng, nhiệt độ cán cuối cùng được kiểm soát là 800°C đến (Ar1+20°C) và nhiệt độ cuộn dây được kiểm soát từ 780°C hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, phương pháp này không thể giải quyết cơ bản vấn đề sao cho AlN kết tủa trong quá trình chuyển đổi từ γ thành α .

Tài liệu viện dẫn

[0009]

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số H06-192731

Tài liệu sáng chế 2: : Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số 2006-241554

Tài liệu sáng chế 3: : Đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản chưa thẩm định, công bố lần đầu số 2007-217744

Tài liệu sáng chế 4: Công bố quốc tế PCT số WO2013/069754

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

[0010]

Như đã trình bày ở trên, nhìn chung, tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp có thành phần hóa học mà trong quá trình sản xuất xảy ra sự biến đổi α - γ . Trong các kỹ thuật thông thường đối với tấm thép điện không định hướng chất lượng thấp, người ta đã cố gắng cải thiện các đặc tính từ tính bằng cách tiến hành ủ thay cho ủ tấm cán nóng sau khi cán nóng. Tuy nhiên, các kỹ thuật thông thường không đáp ứng đầy đủ các đặc tính từ như mô tả ở trên. Đặc biệt, tình trạng tổn hao sắt ở tần số cao vẫn chưa được cải thiện đầy đủ.

[0011]

Sáng chế đã được thực hiện trong việc xem xét các tình huống nêu trên. Mục tiêu của sáng chế là cung cấp một tấm thép cán nóng cho tấm thép điện không định hướng có thể cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung, phương pháp để sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng và phương pháp để sản xuất tấm thép điện không định hướng.

Giải pháp cho vấn đề

[0012]

Một khía cạnh của sáng chế này bao gồm những nội dung dưới đây.

[0013]

(1) Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế,

tấm thép cán nóng bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%,

Si: 0,10 đến 1,50%,

Mn: 0,10 đến 0,60%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,

Al: 0,20 đến 1,00%,

Ti: 0,0010 đến 0,0030%,

Nb: 0,0010 đến 0,0030%,

V: 0,0010 đến 0,0030%,

Zr: 0,0010 đến 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,
 Sn: 0 đến 0,20%,
 Sb: 0 đến 0,20%, và
 phần còn lại chứa Fe và tạp chất,
 trong đó, khi nhìn mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng độ dày,
 AlN có đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong
 hạt và tại biên hạt của hạt ferit,
 giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt là 8,0 miếng/ μm^2
 hoặc ít hơn trên cơ sở khu vực được quan sát, và
 giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại ở biên hạt là 40 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn
 trên cơ sở diện tích biên hạt.

(2) Trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng
 theo (1) ở trên,

tấm thép cán nóng có thể bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng,
 ít nhất một nguyên tố được chọn trong một nhóm bao gồm nguyên tố sau:

Sn: 0,02 đến 0,20% Sn, và

Sb: 0,02 đến 0,20%.

(3) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không
 định hướng theo (1) hoặc (2) ở trên, phương pháp này bao gồm các bước:

nung nóng phôi tấm đến một phạm vi nhiệt độ từ 1050 đến 1180°C, phôi
 tấm này bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 0,10 đến 1,50%,

Mn: 0,10 đến 0,60%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,

Al: 0,20 đến 1,00%,

Ti: 0,0010 đến 0,0030%,

Nb: 0,0010 đến 0,0030%,

V: 0,0010 đến 0,0030%,

Zr: 0,0010 đến 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Sn: 0 đến 0,20%,
 Sb: 0 đến 0,20%, và
 phần còn lại chứa Fe và tạp chất,
 cán thô thổi tấm sau khi gia nhiệt,
 giữ tấm cán thô sau khi cán thô trong khoảng nhiệt độ từ 850°C đến điểm
 Ar₁,

nung nóng lại tấm cán thô sau khi giữ ở phạm vi nhiệt độ lớn hơn điểm Ar₁
 đến điểm Ac₁,

cán lần cuối tấm cán thô ngay sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện sao
 cho nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng là 800°C đến điểm Ar₁, và

cuộn một tấm được cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong khoảng nhiệt
 độ từ 750 đến 850°C.

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng sử dụng tấm
 thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo (1) hoặc (2) ở trên,
 phương pháp này bao gồm bước:

cán nguội tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng mà
 không tiến hành ủ tấm thép cán nóng, và

ủ lần cuối một tấm cán nguội sau khi cán nguội trong khoảng 800°C đến
 điểm Ac₁.

Hiệu quả của sáng chế

[0014]

Theo các khía cạnh trên của sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng
 dùng cho tấm thép điện không định hướng mà có thể cải thiện tổn hao sắt ở tần số
 cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung, phương pháp để sản xuất tấm thép cán
 nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng và phương pháp để sản xuất tấm
 thép điện không định hướng.

Mô tả chi tiết sáng chế

[0015]

Sau đây, một phương án được ưu tiên của sáng chế được mô tả chi tiết. Tuy
 nhiên, sáng chế không chỉ giới hạn ở cấu hình được đề cập trong phương án, và
 có thể có nhiều biến thể khác nhau mà không rời khỏi khía cạnh của sáng chế.
 Ngoài ra, phạm vi giới hạn như được mô tả bên dưới bao gồm giới hạn dưới và

giới hạn trên của chúng. Tuy nhiên, giá trị được biểu thị bằng "lớn hơn" hoặc "nhỏ hơn" không bao gồm trong phạm vi giới hạn. Trừ khi có ghi chú khác, "%" lượng nguyên tố tương ứng thể hiện "%" theo khối lượng".

[0016]

Trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, hình thái của AlN có trong tấm thép cán nóng được kiểm soát bằng cách kiểm soát toàn diện và không thể tách rời thành phần hóa học và điều kiện sản xuất.

[0017]

Ví dụ, tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học trong đó sự biến đổi α - γ xảy ra trong quá trình sản xuất và được sản xuất bằng cách tiến hành tự ủ thay cho ủ tấm cán nóng sau khi cán nóng, thì tốt hơn là để các hạt phát triển đầy đủ trong quá trình tự ủ sau khi cán nóng và trong quá trình ủ cuối cùng, nhằm cải thiện các đặc tính từ tính.

[0018]

Tuy nhiên, AlN có trong tấm thép cán nóng có tác dụng kìm hãm sự di chuyển biên hạt và ngăn chặn sự phát triển của hạt. Vì vậy, tốt hơn là chỉ có lượng nhỏ AlN có trong tấm thép cán nóng.

[0019]

Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 4 đã mô tả nỗ lực ở trên để giảm AlN có trong tấm thép. Kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 4 có thể làm giảm AlN có trong tấm thép ở một mức độ nhất định. Tuy nhiên, kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 4 về cơ bản không thể triệt tiêu AlN kết tủa trong quá trình biến đổi từ γ thành α và một lượng AlN nhất định kết tủa đặc biệt ở biên hạt của hạt ferit (α). Do đó, hạt không thể phát triển đầy đủ trong quá trình tự ủ sau khi cán nóng và trong quá trình ủ cuối cùng.

[0020]

Trong phương án, bằng cách kiểm soát toàn diện và không thể tách rời thành phần hóa học và điều kiện sản xuất, số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt của pha α được làm cho nhỏ, và đặc biệt là số lượng AlN tồn tại trong hạt ranh giới của pha α được làm nhỏ. Kết quả là, vì hạt có thể phát triển đầy đủ trong quá trình tự ủ sau khi cán nóng và trong quá trình ủ cuối cùng, nên có thể thu được

tấm thép điện không định hướng có thể cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung.

[0021]

Tài liệu sáng chế 4 ngẫu nhiên bộc lộ mật độ số lượng AlN trong tấm thép sau khi ủ lần cuối. Tuy nhiên, vì có vẻ như AlN kết tủa trong quá trình cán nóng bị chín hẵn trong quá trình ủ cuối cùng và mật độ số lượng AlN giảm, nên không nhất thiết phải so sánh với mật độ AlN trong tấm thép cán nóng theo phương án. Hơn nữa, do cấu trúc của tấm thép sau khi cán nóng bị biến dạng trong quá trình cán nguội và quá trình tái kết tinh tiếp theo và sự phát triển của hạt xảy ra trong quá trình ủ cuối cùng, nên biên hạt của ferit sau khi cán nóng không nhất thiết phải tương ứng với biên hạt của ferit sau khi ủ lần cuối.

[0022]

Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 0,10 đến 1,50%,

Mn: 0,10 đến 0,60%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,

Al: 0,20 đến 1,00%,

Ti: 0,0010 đến 0,0030%,

Nb: 0,0010 đến 0,0030%,

V: 0,0010 đến 0,0030%,

Zr: 0,0010 đến 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Sn: 0 đến 0,20%,

Sb: 0 đến 0,20%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

trong đó, khi nhìn mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng độ dày,

AlN có đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong hạt và tại biên hạt của hạt ferit,

giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt là 8,0 miêng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở khu vực được quan sát, và

giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại ở biên hạt là 40 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích biên hạt.

[0023]

<Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng>

Tại đây, các lý do hạn chế liên quan đến thành phần hóa học của tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án được mô tả.

[0024]

Trong phương án, thành phần hóa học của tấm thép cán nóng bao gồm các nguyên tố cơ bản, các nguyên tố tùy chọn khi cần thiết, phần còn lại gồm Fe và tạp chất.

[0025]

C: 0,005% hoặc nhỏ hơn

C là một nguyên tố làm suy giảm tổn hao sắt và gây ra sự lão hóa từ tính. Hàm lượng C phải là 0,005% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt nhất là 0,003% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là hàm lượng C thấp hơn và giới hạn dưới của nó có thể là 0%. Xem xét năng suất trong công nghiệp, hàm lượng C có thể lớn hơn 0%, 0,0015% hoặc lớn hơn, 0,0020% hoặc lớn hơn, hoặc 0,0025% hoặc lớn hơn.

[0026]

Si: 0,10 đến 1,50%

Si là nguyên tố làm tăng điện trở của thép và giảm tổn hao sắt. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng Si là 0,10%. Mặt khác, khi nội dung quá mức, mật độ từ thông giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Si là 1,50%. Giới hạn dưới của hàm lượng Si tốt nhất là 0,50% và giới hạn trên của hàm lượng Si tốt nhất là 1,20%.

[0027]

Mn: 0,10 đến 0,60%

Mn là một nguyên tố làm tăng điện trở của thép và làm cho các sunfua trở nên thô hơn để làm cho các sunfua trở nên vô hại. Như vậy, giới hạn dưới của hàm lượng Mn là 0,10%. Mặt khác, khi hàm lượng dư thừa, thép trở nên giòn và chi phí tăng lên. Như vậy, giới hạn trên của hàm lượng Mn là 0,60%.

[0028]

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%

P làm tăng độ cứng của tấm thép nhưng làm cho thép giòn. Hàm lượng P phải từ 0,100% trở xuống. Hàm lượng P tốt nhất là 0,08% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là hàm lượng P thấp hơn và giới hạn dưới của nó có thể là 0%. Xem xét năng suất công nghiệp, hàm lượng P có thể từ 0,001% hoặc lớn hơn.

[0029]

Al: 0,20 đến 1,00%

Al là nguyên tố có tác dụng khử oxi cho thép, tăng điện trở, làm tăng điểm biến đổi α - γ và tạo thành AlN. Như vậy, giới hạn dưới của hàm lượng Al là 0,20%. Mặt khác, khi nội dung quá mức, mật độ từ thông giảm và khả năng làm việc giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Al là 1,00%. Giới hạn trên của hàm lượng Al tốt nhất là 0,80%.

[0030]

Ti: 0,0010 đến 0,0030%

Ti là một nguyên tố tạo thành nitrua và đủ kết tủa thành nitrua ngay cả ở pha γ trái ngược với AlN. Theo phương án, để ngăn chặn sự kết tủa mịn của AlN tại biên hạt α trong quá trình biến đổi từ γ thành α , Ti đóng vai trò quan trọng với vai trò là nguyên tố để tạo thành nitrua. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng Ti là 0,0010%. Mặt khác, khi hàm lượng quá cao, cacbua được hình thành và do đó, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị suy giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Ti là 0,0030%.

[0031]

Nb: 0,0010 đến 0,0030%

Nb là nguyên tố tạo thành nitrua và đủ kết tủa thành nitrua ngay cả ở pha γ trái ngược với AlN. Theo phương án, để ngăn chặn sự kết tủa mịn của AlN tại biên hạt α trong quá trình biến đổi từ γ thành α , Nb đóng vai trò quan trọng với vai trò là nguyên tố để tạo thành nitrua. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng Nb là 0,0010%. Mặt khác, khi hàm lượng quá cao, cacbua được hình thành và do đó, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị suy giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Nb là 0,0030%.

[0032]

V: 0,0010 đến 0,0030%

V là nguyên tố tạo thành nitrua và đủ kết tủa thành nitrua ngay cả ở pha γ trái ngược với AlN. Theo phương án, để ngăn chặn sự kết tủa mịn của AlN tại

biên hạt α trong quá trình biến đổi từ γ thành α , V đóng vai trò quan trọng với vai trò là nguyên tố để tạo thành nitrua. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng V là 0,0010%. Mặt khác, khi hàm lượng quá cao, cacbua được hình thành và do đó, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị suy giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng V là 0,0030%.

[0033]

0,0010 đến 0,0030% của Zr

Zr là nguyên tố tạo thành nitrua và đủ kết tủa thành nitrua ngay cả ở pha γ trái ngược với AlN. Để ngăn chặn sự kết tủa mịn của AlN tại biên hạt α trong quá trình chuyển đổi từ γ sang α , Zr đóng vai trò quan trọng như là nguyên tố để hình thành các nitrua. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng Zr là 0,0010%. Mặt khác, khi hàm lượng quá cao, cacbua được hình thành và do đó, sự phát triển của hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị suy giảm. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Zr là 0,0030%.

[0034]

N: 0,0030% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố hình thành AlN không thuận lợi cho sự sinh trưởng của hạt. Theo phương án, hàm lượng N phải là 0,0030% hoặc nhỏ hơn là giới hạn trên cho phép để làm cho N trở nên vô hại. Tốt hơn là hàm lượng N thấp hơn và giới hạn dưới của nó có thể là 0%. Xét theo năng suất công nghiệp, hàm lượng N có thể N là 0,0001% hoặc lớn hơn. Ví dụ, khi hàm lượng N là 0,0001% hoặc lớn hơn, AlN có xu hướng được hình thành và sự phát triển của hạt có xu hướng bị kìm hãm.

[0035]

Sn: 0 đến 0,20%

Sb: 0 đến 0,20%

Sn và Sb cải thiện kết cấu sau khi cán nguội và kết tinh lại, và do đó, cải thiện mật độ từ thông. Do đó, Sn và Sb có thể được đưa vào khi cần thiết. Chẳng hạn, giới hạn dưới của hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tốt hơn là 0,02% và tốt hơn nữa là 0,03%. Mặt khác, khi hàm lượng này quá cao, thép trở nên giòn. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Sn và hàm lượng Sb là 0,20%. Giới hạn trên của hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tốt nhất là 0,10%

[0036]

Theo phương án khi có ít nhất một trong hai thành phần Sn và Sb, các hiệu ứng trên có thể được thu lại. Vì vậy, tốt hơn là ít nhất một chất được chọn từ nhóm nguyên tố bao gồm 0,02 đến 0,20% khối lượng của Sn và 0,02 đến 0,20% khối lượng của Sb được đưa vào thành phần hóa học.

[0037]

Thành phần hóa học trên của tấm thép cán nóng theo phương án tương ứng với thành phần hóa học trong đó sự biến đổi α - γ diễn ra trong quá trình sản xuất.

[0038]

Theo phương án, thành phần hóa học có thể bao gồm các tạp chất. Các tạp chất là các nguyên tố không làm giảm tác dụng của phương án ngay cả khi các tạp chất chứa và tương ứng với các nguyên tố bị ô nhiễm trong quá trình sản xuất công nghiệp tấm thép từ quặng và phế liệu được sử dụng làm nguyên liệu thô của thép hoặc từ môi trường của một quy trình sản xuất. Ví dụ, giới hạn trên của tổng hàm lượng tạp chất có thể là 5%.

[0039]

Thành phần hóa học như mô tả ở trên có thể được đo bằng các phương pháp phân tích điển hình cho thép. Ví dụ: thành phần hóa học có thể được đo bằng cách sử dụng ICP-AES (Máy quang phổ phát xạ nguyên tử plasma kết hợp cảm ứng: phép đo phổ phát xạ plasma kết hợp cảm ứng). Cụ thể, có thể thu được thành phần hóa học bằng cách tiến hành phép đo bằng Shimadzu ICPS-8100 hoặc tương tự (thiết bị đo) trong điều kiện dựa trên đường chuẩn được chuẩn bị trước bằng cách sử dụng các mẫu có hình vuông 35mm lấy từ tấm thép. Ngoài ra, C có thể được đo bằng phương pháp hấp thụ hồng ngoại sau khi đốt cháy, và N có thể được đo bằng phương pháp đo độ dẫn nhiệt sau khi nung chảy trong dòng khí trơ.

[0040]

Phôi tấm được làm bằng cách đúc thép nóng chảy có thành phần được kiểm soát để tấm thép cán nóng có thành phần hóa học được mô tả ở trên. Phương pháp đúc phôi tấm không bị hạn chế cụ thể. Hơn nữa, ngay cả khi một miếng thép được sản xuất trong lò chân không hoặc tương tự để nghiên cứu và phát triển, về mặt thành phần hóa học, người ta xác nhận rằng tác dụng của chúng cũng giống như trong trường hợp phôi tấm được tạo ra.

[0041]

<AlN có trong tấm thép cán nóng>

Các lý do hạn chế liên quan đến AlN có trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án được mô tả.

[0042]

Như đã mô tả ở trên, trong phương án, hình thái học của AlN có trong tấm thép cán nóng được kiểm soát bằng cách kiểm soát toàn diện và chặt chẽ thành phần hóa học và điều kiện sản xuất. Cụ thể, theo phương án, sự kết tủa của AlN ở biên hạt của hạt α bị triệt tiêu.

[0043]

Trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, khi nhìn mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng độ dày,

AlN với đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong hạt và ở biên hạt của hạt ferit (hạt α),

mật độ số lượng (tổng mật độ số lượng) của AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt là 8,0 mảnh/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích được quan sát, và

mật độ số lượng (mật độ số lượng ở biên hạt) của AlN tồn tại ở biên hạt là 40 mảnh/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích biên hạt.

[0044]

Theo phương án, do kích thước của AlN chủ yếu ảnh hưởng đến sự phát triển của hạt nên AlN có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 10 đến 200nm được kiểm soát. Trong tấm thép cán nóng đối với tấm thép điện không định hướng theo phương án, AlN với kích thước trên được đưa vào hạt và ở ranh giới của hạt α .

[0045]

Khi mật độ số lượng AlN với kích thước như trên tồn tại trong hạt và ở biên hạt của hạt α lớn hơn 8,0 mảnh/ μm^2 trên cơ sở diện tích quan sát, thì sự phát triển của hạt không đủ trong quá trình ủ và trong quá trình ủ cuối cùng. Kết quả là, mật độ từ thông và tổn hao lõi xấu đi đối với tấm thép điện không định hướng. Như vậy, mật độ số lượng AlN với kích thước như trên tồn tại trong hạt và tại biên hạt của hạt α là 8,0 mảnh/ μm^2 hoặc nhỏ hơn trên cơ sở diện tích quan sát. Mặt khác, tốt hơn là mật độ số lượng AlN với kích thước trên tồn tại trong hạt và ở biên hạt của hạt α thấp hơn, và giới hạn dưới của nó có thể là 0 mảnh/ μm^2 trên cơ sở khu vực quan sát. Tuy nhiên, do trên thực tế rất khó kiểm soát mật độ số lượng trên là 0 cái/ μm^2 nên từ góc độ công nghiệp, mật độ số lượng AlN với kích

thước như trên tồn tại trong hạt và tại biên hạt của hạt α có thể là 0,1 mảnh/ μm^2 trở lên trên cơ sở diện tích quan sát.

[0046]

Thêm vào đó, do chỉ kiểm soát mật độ số lượng (tổng mật độ số lượng) của AlN với kích thước trên tồn tại trong hạt và ở biên hạt của hạt α để cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao là không đủ, tốt nhất là kiểm soát mật độ số lượng (mật độ số lượng ở biên hạt) của AlN với kích thước trên tồn tại ở biên hạt của hạt α .

[0047]

Khi mật độ số lượng AlN với kích thước trên tồn tại ở biên hạt của hạt α lớn hơn 40 mảnh/ μm^2 trên cơ sở diện tích biên hạt, sự phát triển của hạt không đủ trong quá trình ủ và trong quá trình ủ cuối cùng. Kết quả là, tổn hao lõi ở tần số cao trở nên xấu đi đối với tấm thép điện không định hướng. Như vậy, mật độ số lượng AlN với kích thước như trên tồn tại ở biên hạt của hạt α là 40 mảnh/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích biên hạt. Mật độ số lượng tốt nhất là 35 mảnh/ μm^2 hoặc ít hơn. Mặt khác, tốt hơn là mật độ số lượng AlN với kích thước trên tồn tại ở biên hạt của hạt α thấp hơn và giới hạn dưới của nó có thể là 0 mảnh/ μm^2 trên cơ sở diện tích biên hạt. Tuy nhiên, do mật độ số lượng trên thực tế rất khó kiểm soát được ở mức 0 mảnh/ μm^2 nên trên quan điểm công nghiệp, mật độ số lượng AlN với kích thước như trên tồn tại ở biên hạt của hạt α có thể là 0,5 mảnh/ μm^2 hoặc lớn hơn trên cơ sở diện tích biên hạt.

[0048]

AlN có trong tấm thép cán nóng có thể được xác định bằng cách sử dụng TEM-EDS (Kính hiển vi điện tử truyền qua - Quang phổ tia X phân tán năng lượng). Ví dụ, một mẫu màng mỏng được lấy từ tấm thép cán nóng sao cho tiết diện quan sát được là tiết diện song song với phương cán và chiều bề dày, thu được kết quả trong đó tỉ lệ số nguyên tử của Al và N xấp xỉ bằng 1:1 có thể được xác định trong trường thị giác được quan sát, dựa trên kết quả quan sát và phân tích định lượng của TEM-EDS. Đường kính của hình tròn mà diện tích xác định của AlN được chuyển đổi thành được định nghĩa là đường kính hình tròn tương đương. Mật độ số lượng (tổng mật độ số lượng) của AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt của hạt α và mật độ số lượng (mật độ số lượng ở biên hạt) của AlN tồn tại ở biên hạt của hạt α có thể thu được bằng cách xác định AlN có đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong trường thị giác được quan sát (khu vực được quan sát). Chẳng hạn, trường thị giác được quan sát ít nhất có

thể nằm trong phạm vi $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$. Số lượng AlN tồn tại ở biên hạt được coi là số lượng AlN tồn tại trong khoảng cách từ biên hạt bên trong $0,2\mu\text{m}$ vào mỗi hạt tiếp xúc với biên hạt. Diện tích biên hạt có thể được coi là một giá trị thu được bằng cách nhân tổng chiều dài của biên hạt với $0,4\mu\text{m}$ trong trường thị giác được quan sát bởi TEM-EDS. Để thu được đường kính vòng tròn tương đương, hình ảnh thu được từ quan sát TEM-EDS có thể được đọc bằng máy quét hoặc thiết bị tương tự và được phân tích bằng phần mềm phân tích hình ảnh có sẵn trên thị trường.

[0049]

<Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng>

Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án được mô tả dưới đây

[0050]

Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng bao gồm bước:

nung nóng phôi tấm đến phạm vi nhiệt độ từ 1050 đến 1180°C , phôi tấm này bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C : nhỏ hơn hoặc bằng $0,005\%$,

Si: $0,10$ đến $1,50\%$,

Mn: $0,10$ đến $0,60\%$,

P: nhỏ hơn hoặc bằng $0,100\%$,

Al: $0,20$ đến $1,00\%$,

Ti: $0,0010$ đến $0,0030\%$,

Nb: $0,0010$ đến $0,0030\%$,

V: $0,0010$ đến $0,0030\%$,

Zr: $0,0010$ đến $0,0030\%$,

N: nhỏ hơn hoặc bằng $0,0030\%$,

Sn: 0 đến $0,20\%$,

Sb: 0 đến $0,20\%$, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

cán thô phôi tấm sau khi gia nhiệt,

giữ tấm cán thô sau khi cán thô trong khoảng nhiệt độ từ 850°C đến điểm Ar1,

làm nung nóng lại tấm cán thô sau khi giữ ở phạm vi nhiệt độ lớn hơn điểm Ar1 đến điểm Ac1,

cán lần cuối tấm cán thô ngay sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng là 800°C đến điểm Ar1, và

cuộn một tấm được cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong khoảng nhiệt độ từ 750 đến 850°C.

[0051]

Trong phương án, một nỗ lực được thực hiện để cải thiện các đặc tính từ tính của tấm thép điện không định hướng bằng cách tự ủ cuộn dây sau khi cán nóng lần cuối. Ví dụ, theo phương án, phôi tấm được nung nóng trong khoảng từ 1050 đến 1180°C và được cán thô trong cán nóng, tấm cán thô được giữ trong khoảng 850°C đến điểm Ar1, tấm cán thô sau khi phần giữ được nung nóng đến phạm vi từ hơn điểm Ar1 đến điểm Ac1 và được cán lần cuối, và tấm được cán lần cuối được cuộn trong khoảng từ 750 đến 850°C. Bằng các điều kiện sản xuất trên, có thể ngăn chặn thuận lợi sự kết tủa của AlN đến biên hạt của pha α . Kết quả là, hạt phát triển thuận lợi trong quá trình tự ủ và trong quá trình ủ cuối cùng, và do đó, có thể đạt được độ tổn hao sắt tuyệt vời và mật độ từ thông tuyệt vời cho tấm thép điện không định hướng.

[0052]

Thành phần hóa học của phôi tấm giống như thành phần hóa học của tấm thép cán nóng được mô tả ở trên. Trong quá trình sản xuất tấm thép điện không định hướng, thành phần hóa học hầu như không thay đổi trong quá trình từ phôi tấm đến tấm thép cán nóng thu được. Thành phần hóa học của phôi tấm trên tương ứng với thành phần hóa học mà quá trình biến đổi α - γ diễn ra trong quá trình sản xuất.

[0053]

Nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm phải là 1180°C hoặc nhỏ hơn, để ngăn các chất kết tủa hòa tan trở lại ở dạng rắn và sau đó kết tủa mịn để ngăn chặn sự suy giảm của sự mất mát sắt. Tuy nhiên, khi nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm quá thấp, khả năng chống biến dạng có thể quá lớn, và do đó, nó có thể dẫn đến quá trình cán nóng. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm phải là 1050°C hoặc lớn hơn.

Giới hạn dưới của nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm tốt nhất là 1080°C. Giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm tốt nhất là 1150°C, và tốt hơn nữa là 1130°C.

[0054]

Các điều kiện để cán thô không bị hạn chế cụ thể và có thể áp dụng các điều kiện đã biết đối với cán thô.

[0055]

Tấm cán thô sau khi cán thô được giữ tại điểm Ar1 trở xuống để chuyển thành pha α . Điểm Ar1 là nhiệt độ tại đó quá trình chuyển đổi thành pha α kết thúc trong quá trình làm mát. Tấm cán thô ngay sau khi cán thô có cấu trúc pha kép gồm pha α và pha γ . Theo phương án, vì Ti, Nb, V và Zr về cơ bản được bao gồm trong thành phần hóa học, nitrua của Ti, Nb, V và Zr được tạo thành trong pha γ , số lượng AlN có trong thép giảm, và lượng chất rắn hòa tan N trong thép giảm. Tuy nhiên, một lượng N nhất định vẫn ở dạng rắn hòa tan trong thép. Do đó, tấm cán thô sau khi cán thô được tạo ra để giữ ở điểm Ar1 trở xuống, và cấu trúc thép được chuyển thành cấu trúc một pha của pha α có độ hòa tan N thấp. Kết quả là, N ở dạng rắn hòa tan trong thép sẽ kết tủa đủ dưới dạng nitrua (ví dụ: AlN). Bằng cách tiến hành chu trình nhiệt ở trên và giảm lượng N ở dạng rắn hòa tan, có thể ngăn chặn sự kết tủa của một lượng lớn nitrua sau khi cán lần cuối.

[0056]

Theo kết quả điều tra của các nhà sáng chế hiện tại, người ta thấy rằng AlN kết tủa sau khi cán thô và trước khi cán lần cuối không có xu hướng trở thành AlN tồn tại ở biên hạt của pha α . Mặc dù lý do không rõ ràng vào thời điểm này, nhưng người ta cho rằng vị trí tồn tại (trong hạt hoặc tại biên hạt) bị thay đổi bởi sự thay đổi cấu trúc vi mô tĩnh và động bắt nguồn từ lần lăn cuối cùng ngay cả khi AlN kết tủa ở biên hạt sau cán thô và cán lần cuối. Do đó, người ta cho rằng số lượng AlN tồn tại ở biên hạt của pha α cuối cùng giảm dần. Cụ thể, theo phương án, điều quan trọng là làm cho N ở thể rắn hòa tan trong thép được kết tủa đủ dưới dạng nitrua (ví dụ: AlN) sau khi cán thô và trước khi cán lần cuối, và điều quan trọng nữa là làm cho nitrua không được hòa tan rắn một lần nữa sau lần lăn cuối cùng. Ví dụ, người ta cho rằng, nếu nitrua lại ở thể rắn hòa tan sau lần cán cuối cùng, thì N lại ở thể rắn hòa tan trong thép được ưu tiên kết tủa ở dạng AlN tại biên hạt của pha α trong quá trình làm nguội sau lần cán lần cuối.

[0057]

Vì lý do trên, tấm cán thô sau khi cán thô được giữ ở điểm Ar1 trở xuống. Mặt khác, khi nhiệt độ giữ quá thấp, các nitrua khó kết tủa và phát triển. Do đó, tấm cán thô sau khi cán thô được giữ ở nhiệt độ 850°C hoặc cao hơn.

[0058]

Tốc độ làm mát để làm mát tấm cán thô sau khi cán thô đến khoảng nhiệt độ 850°C đến điểm Ar1 không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, tốt hơn là tấm cán thô sau khi cán thô được làm mát bằng tốc độ làm mát trung bình từ 0,1 đến 2°C/giây trong phạm vi nhiệt độ từ 850°C đến điểm Ar1. Khi tốc độ làm mát trung bình là 0,1°C/giây hoặc thấp hơn, hiệu quả sản xuất có thể giảm sút. Khi tốc độ làm mát trung bình là 2 °C/giây hoặc lớn hơn, các nitrua có thể khó kết tủa và phát triển.

[0059]

Tấm cán thô sau khi được giữ ở dải nhiệt độ từ 850°C đến điểm Ar1 được nung nóng lại ở dải nhiệt độ lớn hơn điểm Ar1 đến điểm Ac1. Như đã mô tả ở trên, điểm Ar1 là nhiệt độ tại đó quá trình chuyển đổi thành pha α kết thúc trong quá trình làm mát. Điểm Ac1 là nhiệt độ tại đó quá trình chuyển đổi thành pha γ bắt đầu trong quá trình nung nóng. Ở tấm cán thô sau khi được giữ ở nhiệt độ từ 850°C đến điểm Ar1, cấu trúc thép được chuyển thành cấu trúc một pha của pha α . Tuy nhiên, khi nhiệt độ của tấm cán thô ở mức trên, nhiệt độ của cán và cuộn cuối cùng trở nên quá thấp. Vì vậy, để tăng hiệu quả của quá trình tự ủ ở trạng thái cuộn bằng cách tăng nhiệt độ khi cán lần cuối và cuộn, tấm cán thô sau khi được giữ mô tả ở trên được nung nóng lại. Khi nhiệt độ nung nóng cao hơn điểm Ac1, sự chuyển đổi từ pha α sang pha γ xảy ra, N lại ở trạng thái rắn hòa tan trong thép và N ở trạng thái hòa tan rắn lại được kết tủa dưới dạng nitrua (ví dụ: AlN) trong quá trình làm mát sau khi cán lần cuối. Đặc biệt, các nitrua kết tủa đủ ở biên hạt của pha α và kết quả là sự phát triển của hạt bị ức chế trong quá trình tự ủ và trong quá trình ủ cuối cùng. Do đó, nhiệt độ nung nóng phải từ điểm Ac1 trở xuống. Mặt khác, để có đủ hiệu quả của quá trình tự ủ bằng cách tăng nhiệt độ của cuộn và cuộn cuối cùng, nhiệt độ nung nóng phải cao hơn điểm Ar1. Trong chừng mực nhiệt độ phù hợp với phạm vi, quá trình nung nóng có thể được lặp lại. Ngoài ra, phương pháp nung nóng không bị hạn chế cụ thể và có thể sử dụng phương pháp nung nóng cảm ứng hoặc tương tự. Nhiệt độ của Ar1 và Ac1 có thể được xác định bằng thực nghiệm.

[0060]

Tấm cán thô sau khi nung nóng lại ở phạm vi nhiệt độ lớn hơn điểm Ar1 đến điểm Ac1 được cán lần cuối. Nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng là 800°C đến điểm Ar1. Như đã mô tả ở trên, điểm Ar1 là nhiệt độ tại đó quá trình chuyển đổi thành pha α kết thúc trong quá trình làm mát. Khi nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng nhỏ hơn 800°C, rất khó để đảm bảo đủ nhiệt độ cuộn. Do đó, nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng phải là 800°C hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng cao hơn điểm Ar1, một lượng pha γ nhất định vẫn còn trong kết cấu thép của tấm cán cuối cùng, sự chuyển đổi từ γ sang α xảy ra trong quá trình cuộn sau khi cán lần cuối, N được hòa tan ở dạng rắn trong pha γ được kết tủa ở biên hạt của pha α , và kết quả là, sự phát triển của hạt bị ức chế trong quá trình tự ủ và trong quá trình ủ cuối cùng. Do đó, nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng phải là điểm Ar1 hoặc thấp hơn.

[0061]

Nhiệt độ cuộn của tấm cán cuối cùng là 750 đến 850°C. Khi nhiệt độ cuộn nhỏ hơn 750°C, hạt không phát triển đầy đủ trong quá trình tự ủ. Do đó, nhiệt độ cuộn dây phải là 750°C hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ cuộn cao hơn 850°C, vảy bề mặt (oxit bề mặt) của tấm cán cuối cùng trở nên quá mức và việc tẩy vảy bằng cách tẩy trở nên khó khăn. Do đó, nhiệt độ cuộn dây phải là 850°C hoặc nhỏ hơn.

[0062]

Trong tấm thép cán nóng được sản xuất khi đáp ứng các điều kiện sản xuất nêu trên, số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt của pha α giảm, đặc biệt là số lượng AlN tồn tại ở ranh giới thớ của pha α giảm. Kết quả là, vì hạt có thể phát triển đầy đủ trong quá trình tự ủ sau khi cán nóng và trong quá trình ủ cuối cùng, nên có thể thu được tấm thép điện không định hướng có thể cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung.

[0063]

<Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng>

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án được mô tả dưới đây.

[0064]

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án là để sản xuất tấm thép điện không định hướng bằng cách sử dụng tấm thép cán nóng được giải thích ở trên, và phương pháp này bao gồm bước:

cán nguội tấm thép cán nóng được sản xuất bằng cách đáp ứng các điều kiện sản xuất được mô tả ở trên mà không tiến hành ủ tấm cán nóng, và
ủ lần cuối tấm cán nguội sau khi cán nguội trong khoảng 800°C đến điểm Ac1.

[0065]

Tấm thép cán nóng được sản xuất bằng cách đáp ứng các điều kiện sản xuất được mô tả ở trên được tẩy, cán nguội và ủ lần cuối. Các điều kiện để cán nguội không bị hạn chế cụ thể và có thể áp dụng các điều kiện đã biết đối với cán nguội.

[0066]

Nhiệt độ ủ cuối cùng là 800°C đến điểm Ac1. Khi nhiệt độ ủ cuối cùng thấp hơn 800°C, cấu trúc không được kết tinh lại vẫn còn và các đặc tính từ tính bị suy giảm. Do đó, nhiệt độ ủ cuối cùng phải là 800°C hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ ủ cuối cùng cao hơn điểm Ac1, sự chuyển đổi từ α sang γ xảy ra và các đặc tính từ tính bị suy giảm. Do đó, nhiệt độ ủ cuối cùng phải là điểm Ac1 hoặc nhỏ hơn.

[0067]

Thời gian ủ cuối cùng tốt nhất là từ 10 đến 600 giây. Trong chừng mực thời gian với phạm vi, hạt có thể phát triển đầy đủ.

[0068]

Tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách đáp ứng các điều kiện sản xuất được mô tả ở trên là tuyệt vời ở mặt tổn hao sắt ở tần số cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung.

[0069]

Tốt nhất là tổn hao sắt trong tấm thép điện không định hướng thấp hơn. Ví dụ, tổn hao sắt W15/50 tốt nhất là nhỏ hơn 5,2W/kg và tổn hao sắt W10/200 tốt nhất là nhỏ hơn 18,0W/kg. Hơn nữa, tốt hơn là mật độ từ thông trong tấm thép điện không định hướng cao hơn. Ví dụ, mật độ từ thông B50 tốt nhất là 1,69T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B25 tốt nhất là 1,62T hoặc lớn hơn.

[0070]

Các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng như mật độ từ thông có thể được đo bằng một phương pháp đã biết. Ví dụ, các đặc tính từ tính của tấm thép điện không định hướng có thể được đo trên cơ sở thử nghiệm Epstein được quy định bởi JIS C2550: 2011, phương pháp thử nghiệm một tấm (SST) được quy định bởi JIS C 2556: 2015 hoặc phương pháp tương tự. Trong trường hợp một mảnh thép được sản xuất trong lò chân không hoặc tương tự để nghiên cứu và phát triển, có thể khó lấy mẫu thử có cùng kích thước với mẫu được sản xuất công nghiệp. Trong trường hợp, ví dụ, một mẫu thử có chiều rộng 55mm x chiều dài 55mm có thể được lấy và đo trên cơ sở của máy thử một tấm. Ngoài ra, để thu được giá trị đo tương đương với giá trị được đo trên cơ sở thử nghiệm Epstein, kết quả thu được có thể được nhân với hệ số hiệu chỉnh. Trong phương án, các đặc tính từ tính được đo bằng phương pháp trên cơ sở của máy kiểm tra từ đơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[0071]

Tác dụng của một khía cạnh của sáng chế được mô tả chi tiết có liên quan đến các ví dụ dưới đây. Tuy nhiên, điều kiện trong các ví dụ là một điều kiện ví dụ được sử dụng để xác nhận khả năng hoạt động và tác dụng của sáng chế, do đó sáng chế không bị giới hạn ở điều kiện ví dụ. Sáng chế có thể sử dụng nhiều loại điều kiện khác nhau miễn là các điều kiện đó không nằm ngoài phạm vi của sáng chế và có thể đạt được mục tiêu của sáng chế.

[0072]

<Ví dụ 1>

Phôi tấm có thành phần hóa học được mô tả trong bảng 1A và 1B được cán nóng đến độ dày 2,5mm trong điều kiện sản xuất tương ứng với ký hiệu tham chiếu về cán nóng thể hiện trong bảng 2A và 2B, và một tấm thép cán nóng được cuộn lại.

[0073]

[Bảng 1A]

Loại thép	Thành phần hóa học của tấm (Miếng thép) (Đơn vị: % khối lượng, phần còn lại chứa Fe và tạp chất)												Ar1 °C	Ac1 °C
	C	Si	Mn	P	Al	Ti	Nb	V	Zr	N	Sn	Sb		
A1	0,005	0,20	0,20	0,091	0,30	0,0012	0,0021	0,0012	0,0023	0,0012	-	-	960	1010
A2	0,001	0,10	0,30	0,082	0,90	0,0022	0,0019	0,0015	0,0017	0,0023	-	-	1060	1110
A3	0,001	1,50	0,40	0,071	0,30	0,0018	0,0017	0,0019	0,0013	0,0030	-	-	1070	1120
A4	0,001	0,30	0,10	0,062	0,60	0,0016	0,0014	0,0022	0,0011	0,0021	-	-	1040	1090
A5	0,002	0,40	0,60	0,049	0,70	0,0012	0,0022	0,0024	0,0014	0,0015	-	-	1020	1070
A6	0,002	0,50	0,50	0,100	0,80	0,0027	0,0027	0,0016	0,0018	0,0016	-	-	1060	1110
A7	0,003	0,60	0,30	0,033	0,20	0,0030	0,0021	0,0017	0,0025	0,0019	-	0,19	970	1020
A8	0,003	0,20	0,50	0,022	1,00	0,0010	0,0011	0,0028	0,0029	0,0025	-	0,03	1070	1120
A9	0,004	0,80	0,20	0,011	0,50	0,0014	0,0013	0,0029	0,0021	0,0028	0,03	-	1060	1110
A10	0,004	0,90	0,30	0,008	0,40	0,0018	0,0013	0,0018	0,0030	0,0011	0,09	-	1040	1090
A11	0,005	1,20	0,40	0,005	0,30	0,0021	0,0019	0,0010	0,0010	0,0017	0,06	-	1040	1090
A12	0,002	1,30	0,50	0,012	0,20	0,0022	0,0028	0,0030	0,0014	0,0022	0,18	-	1020	1070
a1	0,008	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	980	1030
a2	0,003	0,04	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	935	985
a3	0,003	1,80	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	1100	1150
a4	0,003	0,60	0,04	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	1070	1120

[0074]

[Bảng 1B]

Loại thép	Thành phần hóa học của tám (Miếng thép) (Đơn vị: % khối lượng, phần còn lại chứa Fe và tạp chất)												Ar1 °C	Ac1 °C
	C	Si	Mn	P	Al	Ti	Nb	V	Zr	N	Sn	Sb		
a5	0,003	0,60	0,90	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a6	0,003	0,60	0,30	0,110	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	1040	1090
a7	0,003	0,60	0,30	0,033	0,18	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	1050	1100
a8	0,003	0,60	0,30	0,033	1,05	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	1100	1130
a9	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0008	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a10	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0033	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a11	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0008	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a12	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0032	0,0015	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a13	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0009	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a14	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0033	0,0017	0,0019	-	-	970	1020
a15	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0008	0,0019	-	-	970	1020
a16	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0033	0,0019	-	-	970	1020
a17	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0032	-	-	970	1020
a18	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	0,21	-	970	1020
a19	0,003	0,60	0,30	0,033	0,60	0,0016	0,0014	0,0015	0,0017	0,0019	-	0,22	970	1020
a20	0,001	0,50	0,17	0,073	0,31	0,0008	0,0007	0,0005	0,0008	0,0011	0,10	-	955	1018

[0075]

[Bảng 2A]

Quá trình cán nóng					
Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Nhiệt độ gia nhiệt tấm °C	Hậu quá trình cán thô		Nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng °C	Nhiệt độ cuộn dây °C
		Nhiệt độ duy trì °C	Nhiệt độ nung nóng °C		
B1	1050	900	990	850	800
B2	1180	1020	1090	970	840
B3	1160	850	1100	820	820
B4	1150	1040	1070	880	830
B5	1170	1000	1030	900	800
B6	1130	1030	1110	920	830
B7	1060	950	1000	800	760
B8	1170	1050	1100	1070	840
B9	1160	1020	1070	1000	750
B10	1150	1000	1050	950	850
B11	1150	990	1060	900	800
B12	1090	1010	1030	930	810
B13	1050	900	980	850	800

[0076]

[Bảng 2B]

Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Nhiệt độ gia nhiệt tấm °C	Hậu quá trình cán thô		Nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng °C	Nhiệt độ cuộn dây °C
		Nhiệt độ duy trì °C	Nhiệt độ nung nóng °C		
b1	1030	-	-	-	-
b2	1200	950	1080	950	830
b3	1100	830	1080	950	830
b4	1100	1080	1080	950	830
b5	1100	950	960	780	740
b6	1100	950	1120	950	830
b7	1100	950	1080	780	740
b8	1100	950	1080	1070	830
b9	1100	950	1080	950	740
b10	1100	950	1080	950	870
b11	1150	Không được tiến hành	Không được tiến hành	940	850
b12	1150	Không được tiến hành	Không được tiến hành	890	800
b13	1150	Không được tiến hành	Không được tiến hành	890	900

[0077]

Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng được sản xuất giống như của phôi tấm. Một mẫu thử được cắt ra từ khu vực trung tâm theo hướng ngang của tấm thép cán nóng được sản xuất, một mẫu cho kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) đã được chuẩn bị sao cho mặt cắt quan sát được là tiết diện song song với hướng cán và hướng độ dày, trường thị giác $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) và mật độ số lượng AlN với đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm đã thu được trên cơ sở phương pháp trên. Các kết quả được thể hiện trong bảng 3A đến 3C.

[0078]

[Bảng 3A]

Số thứ tự	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kí hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối	Kết quả sản xuất		Đánh giá kết quả				Ghi chú
				Mật độ số lượng AIN		Mật độ từ thông B50 T	Tổn thất sắt W15/50 W/ Kg	Mật độ từ thông B25 T	Tổn thất sắt W10/200 W/ Kg	
				Trong hạt và tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2	Tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2					
D1	A1	B1	C3	7,8	27	1,78	4,2	1,66	17,6	Ví dụ theo sáng chế
D2	A2	B2	C3	7,6	26	1,76	4,1	1,65	17,0	Ví dụ theo sáng chế
D3	A3	B3	C3	5,4	18	1,73	3,5	1,64	11,6	Ví dụ theo sáng chế
D4	A4	B4	C3	3,4	32	1,74	4,3	1,64	16,5	Ví dụ theo sáng chế
D5	A5	B5	C3	5,8	20	1,72	3,8	1,63	12,4	Ví dụ theo sáng chế
D6	A6	B6	C3	6,3	24	1,73	3,9	1,64	12,7	Ví dụ theo sáng chế
D7	A7	B7	C3	4,9	17	1,75	4,4	1,65	16,4	Ví dụ theo sáng chế
D8	A8	B8	C3	7,3	25	1,72	3,3	1,63	12,2	Ví dụ theo sáng chế
D9	A9	B9	C3	6,9	23	1,71	3,2	1,63	10,8	Ví dụ theo sáng chế
D10	A10	B10	C3	7,2	25	1,71	3,4	1,63	11,3	Ví dụ theo sáng chế
D11	A11	B11	C3	5,9	21	1,72	3,1	1,63	10,5	Ví dụ theo sáng chế
D12	A12	B12	C3	7,9	28	1,71	3,0	1,63	11,2	Ví dụ theo sáng chế
d1	a1	B7	C3	3,3	12	1,74	5,6	1,64	19,2	Ví dụ so sánh
d2	a2	B13	C3	3,4	12	1,74	5,6	1,64	19,2	Ví dụ so sánh
d3	a3	B6	C3	3,4	12	1,67	4,2	1,61	17,6	Ví dụ so sánh

[0079]

[Bảng 3B]

Số thứ tự	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kí hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối	Kết quả sản xuất		Đánh giá kết quả				Ghi chú
				Mật độ số lượng AIN		Mật độ từ thông B50 T	Tổn thất sắt W15/50 W/ Kg	Mật độ từ thông B25 T	Tổn thất sắt W10/200 W/ Kg	
				Trong hạt và tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2	Tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2					
d4	a4	B6	C3	4,2	17	1,74	5,5	1,64	18,4	Ví dụ so sánh
d5	a5	B7	-	Không thể cân nguội		-	-	-	-	Ví dụ so sánh
d6	a6	B4	-	Không thể cân nguội		-	-	-	-	Ví dụ so sánh
d7	a7	B4	C3	3,2	11	1,74	5,7	1,64	20,3	Ví dụ so sánh
d8	a8	B6	C3	7,5	29	1,67	4,6	1,61	17,8	Ví dụ so sánh
d9	a9	B7	C3	12,5	63	1,68	5,9	1,61	22,5	Ví dụ so sánh
d10	a10	B7	C3	3,7	13	1,68	5,6	1,61	19,1	Ví dụ so sánh
d11	a11	B7	C3	12,6	62	1,68	5,8	1,61	22,7	Ví dụ so sánh
d12	a12	B7	C3	3,4	13	1,68	5,7	1,61	19,5	Ví dụ so sánh
d13	a13	B7	C3	12,2	63	1,67	5,9	1,61	22,3	Ví dụ so sánh
d14	a14	B7	C3	3,6	14	1,67	5,8	1,61	20,1	Ví dụ so sánh
d15	a15	B7	C3	12,8	64	1,68	5,6	1,61	21,9	Ví dụ so sánh
d16	a16	B7	C3	3,5	13	1,67	5,6	1,61	18,8	Ví dụ so sánh
d17	a17	B7	C3	38,8	126	1,67	6,4	1,61	23,7	Ví dụ so sánh
d18	a18	B7	-	Không thể cân nguội		-	-	-	-	Ví dụ so sánh

[0080]

[Bảng 3C]

Số thứ tự	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kí hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối	Kết quả sản xuất		Đánh giá kết quả				Ghi chú
				Mật độ số lượng AIN		Mật độ từ thông B50 T	Tổn thất sắt W15/50 W/ Kg	Mật độ từ thông B25 T	Tổn thất sắt W10/200 W/ Kg	
				Trong hạt và tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2	Tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2					
d19	a19	B7	-	Không thể cán nguội	-	-	-	-	Ví dụ so sánh	
d20	A6	b1	-	Không thể cán nóng	-	-	-	-	Ví dụ so sánh	
d21	A6	b2	C3	12,6	65	1,68	6,0	1,61	24,2	Ví dụ so sánh
d22	A6	b3	C3	11,6	47	1,68	5,7	1,61	20,2	Ví dụ so sánh
d23	A6	b4	C3	14,0	64	1,68	5,8	1,61	22,8	Ví dụ so sánh
d24	A6	b5	C3	6,1	25	1,65	5,6	1,60	18,6	Ví dụ so sánh
d25	A6	b6	C3	13,8	60	1,68	5,9	1,61	22,1	Ví dụ so sánh
d26	A6	b7	C3	6,2	25	1,65	5,6	1,60	18,7	Ví dụ so sánh
d27	A6	b8	C3	12,2	45	1,68	5,8	1,61	20,9	Ví dụ so sánh
d28	A6	b9	C3	6,2	24	1,65	5,6	1,60	18,5	Ví dụ so sánh
d29	A6	b10	-	Hiệu quả tẩy vẩy kém		-	-	-	-	Ví dụ so sánh
d30	a20	b11	C3	12,3	67	1,79	3,8	1,66	19,2	Ví dụ so sánh
d31	a20	b12	C3	11,5	59	1,78	3,5	1,66	18,6	Ví dụ so sánh
d32	a20	b13	-	Hiệu quả tẩy vẩy kém		-	-	-	-	Ví dụ so sánh

[0081]

Tấm thép cán nóng được sản xuất đã được tẩy, được cán nguội đến 0,5mm để thu được tấm thép cán nguội và được ủ lần cuối trong điều kiện tương ứng với ký hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối được nêu trong bảng 4 để thu được tấm thép điện không định hướng.

[0082]

[Bảng 4]

Quá trình ủ lần cuối cùng	
Kí hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối cùng	Nhiệt độ của lần ủ cuối cùng °C
C1	800
C2	1070
C3	900
C4	850

[0083]

Từ tấm thép điện không định hướng sau khi ủ lần cuối, một mẫu thử hình vuông 55mm được cắt ra sao cho song song với hướng cán và hướng độ dày. Tổn hao sắt và mật độ từ thông được đo bằng phương pháp trên cơ sở máy thử một tấm (JIS C 2556: 2015), và thu được giá trị trung bình của hướng L và hướng C.

[0084]

Đối với tổn hao sắt, ngoài W15/50 là đánh giá thông thường và chung, tổn hao sắt ở tần số cao W10/200 cũng được đo. W15/50 là lượng sắt tổn hao khi tấm thép điện không định hướng bị kích thích đến 1,5T ở 50 Hz, và W10/200 là lượng sắt tổn hao khi tấm thép điện không định hướng bị kích thích ở mức 1,0T ở 200Hz.

[0085]

Đối với mật độ từ thông, B50 và B25 đã được đo. B50 là mật độ từ thông khi tấm thép điện không định hướng được từ hóa với lực từ hóa 5000 A/m ở 50 Hz và B25 là mật độ từ thông khi tấm thép điện không định hướng được từ hóa với lực từ hóa 2500 A/m ở 50 Hz.

[0086]

Khi W15/50 dưới 5,2W/kg, W10/200 dưới 18,0W/kg, B50 từ 1,69T trở lên và B25 từ 1,62T trở lên thì được đánh giá là chấp nhận được. Các kết quả cũng được thể hiện trong bảng 3A đến 3C.

[0087]

Như thể hiện tại các bảng 3A đến 3C, các ví dụ theo sáng chế thỏa mãn thành phần hóa học và mật độ số của AlN, và do đó, các đặc tính từ của chúng là tuyệt vời. Mặt khác, cũng tại các bảng 3A đến 3C, các ví dụ so sánh không thỏa mãn thành phần hóa học hoặc mật độ số lượng của AlN, và do đó, năng suất hoặc đặc tính từ tính của chúng không xuất sắc.

[0088]

Trong các ví dụ so sánh số d30 và số d31, lượng Ti, Nb, V và Zr trong thành phần phôi tấm không thỏa mãn các phạm vi ưu tiên, tấm cán thô sau khi cán thô không được giữ trong phạm vi nhiệt độ 850° C đến điểm Ar1 và tấm cán thô sau khi cán thô không được nung nóng lại ở phạm vi nhiệt độ lớn hơn điểm Ar1 đến điểm Ac1. Trong các ví dụ so sánh số d30 và số d31, do quá trình cán được tiến hành cẩn thận để không làm giảm nhiệt độ tấm thép trong quá trình cán thô và trong quá trình cán cuối cùng, nhiệt độ cuối cùng của quá trình cán cuối cùng là 800°C hoặc lớn hơn mà không cần nung nóng lại sau khi cán thô. Trong các ví dụ so sánh số d30 và số d31, do quá trình giữ và nung nóng lại sau khi cán thô không được tiến hành mặc dù nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng là 800°C hoặc lớn hơn, mật độ số lượng của AlN trong tấm thép cán nóng là không được kiểm soát một cách thuận lợi. Kết quả là trong ví dụ so sánh số d30 và số d31, mặc dù đạt yêu cầu W15/50 nhưng W10/200 lại không xuất sắc như tấm thép điện không định hướng.

[0089]

<Ví dụ 2>

Phôi tấm có thành phần hóa học thể hiện trong bảng 1A đến 1B được cán nóng đến độ dày 2,5mm trong điều kiện sản xuất tương ứng với ký hiệu tham chiếu khi cán nóng thể hiện trong bảng 2A đến 2B, và một tấm thép cán nóng được cuộn lại.

[0090]

Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng được sản xuất giống như của phôi tấm. Một mẫu thử được cắt ra từ khu vực trung tâm theo hướng ngang của tấm thép cán nóng được sản xuất, một mẫu cho kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) đã được chuẩn bị sao cho mặt cắt quan sát được là tiết diện song song với hướng cán và hướng độ dày, trường thị giác 10μm × 10μm được quan sát bằng

kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) và mật độ số của AlN với đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm đã thu được trên cơ sở phương pháp trên. Các kết quả được thể hiện trong bảng 5.

[0091]

[Bảng 5]

Số thứ tự	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kí hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối	Kết quả sản xuất		Đánh giá kết quả				Ghi chú
				Mật độ số lượng AlN		Mật độ từ thông B50 T	Tổn thất sắt W15/50 W/ Kg	Mật độ từ thông B25 T	Tổn thất sắt W10/200 W/ Kg	
				Trong hạt và tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2	Tại ranh giới hạt Miếng/ μm^2					
F1	A11	B11	C1	5,9	20	1,75	4,4	1,65	14,0	Ví dụ theo sáng chế
F2	A12	B12	C2	7,9	28	1,70	2,8	1,62	11,3	Ví dụ theo sáng chế
F3	A11	B11	C3	5,9	21	1,72	3,1	1,63	10,5	Ví dụ theo sáng chế
F4	A12	B12	C4	7,9	27	1,71	3,3	1,63	12,0	Ví dụ theo sáng chế

[0092]

Tấm thép cán nóng được sản xuất đã được tẩy, được cán nguội đến 0,5mm để thu được tấm thép cán nguội và được ủ lần cuối trong điều kiện tương ứng với ký hiệu tham chiếu khi ủ lần cuối được nêu trong bảng 4 để thu được tấm thép điện không định hướng.

[0093]

Từ tấm thép điện không định hướng sau khi ủ lần cuối, một mẫu thử hình vuông 55mm được cắt ra sao cho song song với hướng cán và hướng độ dày. Tổn hao sắt và mật độ từ thông được đo bằng phương pháp trên cơ sở máy thử một tấm (JIS C 2556: 2015), và thu được giá trị trung bình của hướng L và hướng C.

[0094]

Đối với tổn hao sắt, ngoài W15/50 là đánh giá thông thường và chung, tổn hao sắt ở tần số cao W10/200 cũng được đo. Đối với mật độ từ thông, B50 và B25 đã được đo.

[0095]

Như với ví dụ 1, khi W15/50 dưới 5,2W/kg, W10/200 dưới 18,0W/kg, B50 từ 1,69T trở lên và B25 từ 1,62T trở lên thì được đánh giá là chấp nhận được. Các kết quả cũng được thể hiện trong bảng 5.

[0096]

Như thể hiện trong bảng 5, các ví dụ theo sáng chế thỏa mãn thành phần hóa học và mật độ số của AlN, và do đó, các đặc tính từ tính của chúng là tuyệt vời.

Khả năng áp dụng trong công nghiệp

[0097]

Theo các khía cạnh đã đề cập của sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng mà có thể cải thiện tổn hao sắt ở tần số cao bên cạnh các đặc tính từ tính chung, phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng cho tấm thép kỹ thuật tấm điện không định hướng, và phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng. Theo đó, sáng chế có khả năng ứng dụng công nghiệp đáng kể.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, tấm thép cán nóng bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%,

Si: 0,10 đến 1,50%,

Mn: 0,10 đến 0,60%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,

Al: 0,20 đến 1,00%,

Ti: 0,0010 đến 0,0030%,

Nb: 0,0010 đến 0,0030%,

V: 0,0010 đến 0,0030%,

Zr: 0,0010 đến 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Sn: 0 đến 0,20%,

Sb: 0 đến 0,20%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

trong đó, khi nhìn mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng độ dày,

AlN có đường kính vòng tròn tương đương từ 10 đến 200nm tồn tại trong hạt và tại biên hạt của hạt ferit,

giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại trong hạt và ở biên hạt là 8,0 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở khu vực được quan sát, và

giá trị mật độ số lượng AlN tồn tại ở biên hạt là 40 miếng/ μm^2 hoặc ít hơn trên cơ sở diện tích biên hạt.

2. Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, trong đó tấm thép cán nóng bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ một nhóm bao gồm:

Sn: 0,02 đến 0,20%, và

Sb: 0,02 đến 0,20%.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, phương pháp này bao gồm:

nung nóng phôi tấm đến một phạm vi nhiệt độ từ 1050 đến 1180°C, phôi tấm này bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%,
 Si: 0,10 đến 1,50%,
 Mn: 0,10 đến 0,60%,
 P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,
 Al: 0,20 đến 1,00%,
 Ti: 0,0010 đến 0,0030%,
 Nb: 0,0010 đến 0,0030%,
 V: 0,0010 đến 0,0030%,
 Zr: 0,0010 đến 0,0030%,
 N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,
 Sn: 0 đến 0,20%,
 Sb: 0 đến 0,20%, và
 phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

cán thô phôi tấm sau khi gia nhiệt,

giữ tấm cán thô sau khi cán thô trong khoảng nhiệt độ từ 850°C đến điểm Ar₁,

nung nóng lại tấm cán thô sau khi giữ ở phạm vi nhiệt độ lớn hơn điểm Ar₁ đến điểm Ac₁,

cán lần cuối tấm cán thô ngay sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng là 800°C đến điểm Ar₁, và

cuộn tấm được cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong khoảng nhiệt độ từ 750 đến 850°C.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng bằng cách sử dụng tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, bao gồm bước:

cán nguội tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng mà không tiến hành ủ tấm cán nóng, và

ủ lần cuối tấm cán nguội sau khi cán nguội trong khoảng 800°C đến điểm Ac₁.