



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0052636
(51)^{2022.01} C21D 8/12; C22C 38/14; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/00

(21) 1-2023-04154 (22) 27/11/2020
(86) PCT/JP2020/044203 27/11/2020 (87) WO 2022/113264 A1 02/06/2022
(45) 27/10/2025 451 (43) 27/11/2023 428A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071, Japan
(72) ARITA, Yoshihiro (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

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

(21) 1-2023-04154

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng, C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%, Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%, Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất, và thỏa mãn các biểu thức: $0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120$, $0,5 \leq \text{B}/\text{N} \leq 1,5$, sol. B $\leq 0,0005$, và $\text{N}_{\text{AIN}} \leq 0,0005$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

[00011]

Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng này, và tấm thép cán nóng có vai trò là vật liệu ban đầu cho tấm thép điện không định hướng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

[00022]

Trong những năm gần đây, do nhu cầu ngày càng tăng trên toàn cầu về tiết kiệm năng lượng trong thiết bị điện, còn có nhu cầu về các đặc tính hiệu suất cao hơn so với các tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu lõi sắt của máy rôto. Đặc biệt, trong số các động cơ của các sản phẩm điện, các mô hình được cho là các mô hình có hiệu suất cao đang sử dụng ngày càng nhiều các vật liệu ban đầu cao cấp trong đó các hàm lượng của Si và Al được tăng lên để tăng điện trở suất và kích thước hạt tinh thể cũng được làm cho lớn hơn. Mặt khác, trong lúc việc cải thiện hiệu suất còn được yêu cầu đối với các động cơ của các mô hình đa năng, thực tế là, vì hạn chế nghiêm ngặt về chi phí, rất khó chuyển các vật liệu của các mô hình như vậy sang loại các vật liệu ban đầu cao cấp được sử dụng cho các mô hình có hiệu suất cao.

[00033]

Tấm thép cần thiết cho mô hình đa năng là vật liệu ban đầu có hàm lượng của Si nhỏ hơn hoặc bằng 1,5% trong đó sự phát triển hạt được thúc đẩy trong quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện sau khi dập lõi động cơ, để bằng cách đó cải thiện đáng kể tổn hao do sắt.

[00044]

Hơn nữa, gần đây, số lượng người dùng sử dụng phế liệu được tạo ra trong quá trình dập lõi làm vật liệu thô để đúc ngày càng tăng. Từ quan điểm đảm bảo khả năng đúc của phế liệu, cần phải làm cho hàm lượng của Al trong tấm thép nhỏ hơn 0,05%.

[00055]

Là biện pháp để cải thiện sự phát triển hạt trong quá trình ủ giảm ứng suất, chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm sắt kỹ thuật điện có các đặc tính từ vượt trội, khác biệt ở chỗ phương pháp này bao gồm việc cho tấm cán nóng thu được bằng cách cán nóng thổi tấm thép gồm C: $\leq 0,065\%$, Si: $\leq 2,0\%$, Al: $\leq 0,10\%$, O: $\leq 0,020\%$, và B/N: nằm trong khoảng từ 0,50 đến 2,50, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trải qua bước cán nguội một lần hoặc bước cán nguội hai hoặc nhiều lần với bước ủ trung gian giữa các lần cán này để thu được kích thước cuối cùng, và sau đó thực hiện bước ủ tiếp theo.

[00066]

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép điện không định hướng có tổn hao do sắt thấp, tấm thép điện không định hướng này chứa C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,015%, Si: nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,005%, Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,008%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, và T. O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,02%, được đặc trưng bởi tỷ lệ trọng lượng của MnO so với tổng trọng lượng của SiO₂, MnO, và Al₂O₃ là ba loại chất lẫn trong thép nhỏ hơn hoặc bằng 15%, kích thước hạt tinh thể trung bình lớn hơn hoặc bằng 50μm có thể đạt được sau khi ủ từ tính.

[00077]

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội, tấm thép điện không định hướng này gồm, theo % trọng lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, Si: lớn hơn hoặc bằng 0,1% đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,1% đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%, và, theo hệ khử oxy của thép, Al: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% hoặc Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, với phần còn lại là Fe và các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, khác biệt ở chỗ số lượng của các hạt oxit có kích thước với đường kính nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 0,5μm đến nhỏ hơn hoặc bằng 5μm trong thép là lớn hơn hoặc bằng 1000 hạt đến nhỏ hơn hoặc bằng 50000 hạt trên mỗi cm².

[00088]

Tài liệu sáng chế 4 bộc lộ tấm thép điện không định hướng tạo nên bởi thép chứa, theo % khối lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, Si: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3,5%, Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, Al: nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,008%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, và Cu: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%, và thỏa mãn hệ thức (S dưới dạng Cu sulfua)/(S được chứa trong thép) $\leq 0,2$, hoặc (S dưới dạng Cu sulfua)/(S dưới dạng Mn sulfua) $\leq 0,2$, và hơn nữa, mật độ số lượng của các sulfua chứa Cu và có đường kính nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,20 μm trong tấm thép là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5 hạt/ μm^3 .

[00099]

Tài liệu sáng chế 5 bộc lộ tấm thép điện không định hướng gồm, theo % khối lượng, Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,4% đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%, sol. Al: lớn hơn hoặc bằng 0,01% đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,04%, Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, S: lớn hơn hoặc bằng 0,0010% đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, và B với lượng sao cho B/N là từ lớn hơn hoặc bằng 0,5 đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,5, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó, trong số các sulfua chứa Mn, tỷ lệ số lượng của các sulfua trải qua sự kết tủa hỗn hợp như vậy với các chất kết tủa B là lớn hơn hoặc bằng 10%, tổng mật độ phân bố của MnS , Cu_2S , và các sulfua phức hợp của chúng nhỏ hơn hoặc bằng $3,0 \times 10^5$ hạt/ mm^2 , và mật độ phân bố của các chất kết tủa Ti có đường kính nhỏ hơn 0,1 μm là nhỏ hơn hoặc bằng $1,0 \times 10^3$ hạt/ mm^2 .

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

[001010]

Tài liệu sáng chế 1: JP54-163720A

Tài liệu sáng chế 2: JP63-195217A

Tài liệu sáng chế 3: JP3-104844A

Tài liệu sáng chế 4: JP2004-2954A

Tài liệu sáng chế 5: WO 2005/100627

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

[001111]

Tuy nhiên, trong tình hình hiện tại trong đó cần đến việc giảm hơn nữa tổn hao do sắt, trở nên khó sản xuất chính xác và ổn định tấm thép điện không định hướng bằng cách sử dụng giải pháp của lĩnh vực kỹ thuật đã nêu ở trên. Cụ thể, khi các kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 5 được sử dụng trong đó, trong thép khử oxy bằng Al, B được bổ sung với lượng khoảng 0,002% để tạo ra BN dưới dạng nitrua và ngăn chặn sự kết tủa của AlN mà có hại cho sự phát triển hạt, có vấn đề là ngay cả khi thu được tổn hao do sắt thấp, mật độ từ thông thấp hơn so với quá trình khử oxy bởi Si được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 và tài liệu sáng chế 4. Mặc dù trong tài liệu sáng chế 5 tác dụng cải thiện mật độ từ thông bằng cách bổ sung Sn được bộc lộ, vấn đề với kỹ thuật này là ở chỗ chi phí tăng lên. Trong lúc cũng có thể thúc đẩy việc làm thô các hạt bằng cách bổ sung quá trình đặc biệt như cán là, trong trường hợp như vậy còn có vấn đề là chi phí sản xuất bị tăng lên đáng kể.

[001212]

Mục đích của sáng chế, đã được thực hiện dựa vào vấn đề nêu trên, là tạo ra tấm thép điện không định hướng trong đó, trong lúc ngăn chặn sự hình thành của AlN và làm giảm B hòa tan (sol. B), sự phát triển hạt sau khi ủ giảm ứng suất vẫn tốt, và tổn hao do sắt và mật độ từ thông tốt, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, và tấm thép cán nóng có thể được sử dụng làm vật liệu ban đầu cho tấm thép điện không định hướng.

Cách thức giải quyết vấn đề

[001313]

Sáng chế đã được thực hiện để giải quyết vấn đề nêu trên, và ý chính của sáng chế là tấm thép điện không định hướng, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, và tấm thép cán nóng được mô tả trong phần sau đây.

[001414]

(1) Tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%,

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%,

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%,

với phần còn lại là Fe và các tạp chất,

và đáp ứng các công thức từ (i) đến (iv) dưới đây:

$$0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120 \dots (i)$$

$$0,5 \leq \text{B}/\text{N} \leq 1,5 \dots (ii)$$

$$\text{sol. B} \leq 0,0005 \dots (iii)$$

$$\text{N}_{\text{AIN}} \leq 0,0005 \dots (iv)$$

trong đó mỗi ký hiệu của nguyên tố trong các công thức từ (i) và (ii) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng, sol. B trong công thức (iii) nêu trên đại diện cho lượng B hòa tan (% khối lượng), và N_{AIN} trong công thức (iv) nêu trên đại diện cho lượng N (% khối lượng) có mặt dưới dạng AlN.

[001515]

(2) Tấm thép điện không định hướng theo mục (1) nêu trên, trong đó thành phần hóa học chứa, thay thế cho một phần của Fe, theo % khối lượng,

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

[001616]

(3) Tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2) nêu trên, trong đó:

kích thước hạt tinh thể trung bình nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu\text{m}$, và

kích thước hạt tinh thể trung bình sau khi thực hiện ủ giảm ứng suất trong các điều kiện giữ tấm thép điện không định hướng ở 750°C trong hai giờ là lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$.

[001717]

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên, trong đó phương pháp này bao gồm:

quá trình sản xuất thép để sản xuất phôi tấm có thành phần hóa học theo mục (1) hoặc (2) nêu trên,

quá trình cán nóng để, sau khi gia nhiệt phôi tấm thu được, thực hiện cán nóng để thu được tấm thép cán nóng,

quá trình tẩy gỉ để thực hiện tẩy gỉ trên tấm thép cán nóng,

quá trình cán nguội để thực hiện cán nguội trên tấm thép cán nóng sau khi tẩy gỉ để thu được tấm thép cán nguội, và

quá trình ủ tinh để ủ tinh tấm thép cán nguội,

trong đó:

trong quá trình cán nóng,

trước khi thực hiện cán nóng, nhiệt độ của phôi tấm được giữ nằm trong khoảng từ 1000 đến 1050°C trong 30 phút hoặc lâu hơn,

tỷ lệ cán tích lũy trong khoảng nhiệt độ từ 900 đến 1000°C được làm cho lớn hơn hoặc bằng 70%, và

sau khi quá trình cán nóng được thực hiện, nhiệt độ của tấm thép cán nóng được giữ nằm trong khoảng lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn.

[001818]

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục nêu trên (4), trong đó:

trong quá trình ủ tinh, tấm thép cán nguội được gia nhiệt đến nhiệt độ cao nhất đạt lớn hơn hoặc bằng 800°C đến nhỏ hơn 850°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình lớn hơn hoặc bằng 20°C/s, và khoảng thời gian mà nhiệt độ của tấm thép cán nguội lớn hơn hoặc bằng 800°C là nhỏ hơn hoặc bằng 15 giây.

[001919]

(6) Tấm thép cán nóng có vai trò là vật liệu ban đầu cho tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên, có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%,

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%,

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

và đáp ứng các công thức từ (i) đến (iv) dưới đây:

$$0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120 \dots (\text{i})$$

$$0,5 \leq \text{B}/\text{N} \leq 1,5 \dots (\text{ii})$$

$$\text{sol. B} \leq 0,0005 \dots (\text{iii})$$

$$\text{N}_{\text{AlN}} \leq 0,0005 \dots (\text{iv})$$

trong đó mỗi ký hiệu của nguyên tố trong các công thức từ (i) và (ii) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng, sol. B trong công thức (iii) nêu trên đại diện cho lượng B hòa tan (% khối lượng), và N_{AlN} trong công thức (iv) nêu trên đại diện cho lượng N (% khối lượng) có mặt dưới dạng AlN.

[002020]

(7) Tấm thép cán nóng theo mục nêu trên (6), trong đó thành phần hóa học chứa, thay thế cho một phần của Fe, theo % khối lượng,

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

[002121]

Theo sáng chế, tấm thép điện không định hướng trong đó sự phát triển hạt sau khi ủ giảm ứng suất rất tốt và trong đó tổn hao do sắt và mật độ từ thông sau khi ủ giảm ứng suất là tốt có thể được sản xuất ổn định ở chi phí thấp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

[002222]

Fig.1 là hình vẽ minh họa mối liên hệ giữa lượng B dư và mật độ từ thông.

Mô tả chi tiết sáng chế

[002323]

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu để nghiên cứu lý do vì sao mật độ từ thông của thép được khử oxy bằng Al chứa khoảng 0,002% B có mật độ từ thông thấp hơn so với thép được khử oxy bằng Si, tập trung vào dạng tồn tại của B. B có tác dụng ngăn chặn sự kết tủa của AlN, là chất cực kỳ có hại cho sự phát triển của hạt. Điều

này là vì B tạo ra các nitrua dễ dàng hơn Al. Tuy nhiên, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng khi lượng quá mức của B được chứa trong tấm thép điện không định hướng, B có mặt ở trạng thái được hòa tan và làm giảm mật độ từ thông (xem Fig.1).

[002424]

Nếu hàm lượng của B được giảm xuống, mặc dù sự gia tăng lượng B hòa tan là gây ra bởi B dư thừa không xảy ra, AlN tạo ra các do N dư, và sự phát triển hạt suy giảm. Do đó, mặc dù tốt hơn là tăng hàm lượng của B càng nhiều càng tốt trong khoảng không tạo ra B hòa tan, trong công nghiệp khó thực hiện việc kiểm soát hàm lượng B với độ chính xác cao như vậy. Lý do là ở chỗ, ngoài Al và B, các nguyên tố tạo nitrua khác còn tồn tại như Ti, Nb, V, và Zr, và sự có mặt của các nguyên tố này phải còn được xem xét khi kiểm soát hàm lượng của B, và do các nguyên tố này thường được trộn trong tấm thép điện không định hướng dưới dạng các tạp chất, nên khó xác định chính xác lượng của chúng. Ngoài ra, do hàm lượng của N trong tấm thép điện không định hướng có thể còn thay đổi trong quá trình quá trình sản xuất thép, nên khó xác định chính xác lượng của B cần được bổ sung. Do đó, trong công nghiệp, rất khó làm cho B được chứa trong tấm thép điện không định hướng với lượng không dư hoặc không đủ để ngăn chặn sự hình thành AlN.

[002525]

Dựa vào các trường hợp nêu trên, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu sớm nhất liên quan đến phương pháp để thu được các đặc tính từ tốt trong lúc cho phép xảy ra cả trường hợp trong đó lượng B dư so với lượng N và trường hợp trong đó lượng B là không đủ so với lượng N, và kết quả là thu được các phát hiện sau đây.

[002626]

Trước tiên, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu liên quan đến phương pháp để tạo ra các chất kết tủa B khác với BN trong quá trình cán nóng trong trường hợp khi lượng của B lớn tới mức dư thừa so với lượng N. Kết quả là, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng lượng của các chất kết tủa B khác với BN có thể được tăng lên nếu nhiệt độ trong quá trình cán nóng và tỷ lệ cán tích lũy được đặt trong khoảng được ưu tiên. Đặc biệt, mong muốn thực hiện quá trình cán nóng trong các điều kiện sao cho tỷ lệ cán tích lũy trong khoảng nhiệt độ từ 900 đến 1000°C lớn hơn hoặc bằng 70%. Phỏng

đoán rằng tác dụng đã nêu ở trên xuất hiện các vì sự kết tủa của B được thúc đẩy bằng quá trình cán nóng.

[002727]

Ngoài ra, sau đó bằng cách xử lý nhiệt tấm thép sau khi cán nóng trong đó tấm thép được giữ trong khoảng nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn, các chất kết tủa B đã nêu ở trên khác với BN được tạo ra trong quá trình có thể được làm cho phát triển. Kết quả là, trong quá trình ủ tinh của tấm thép sau khi cán nguội, hoặc trong quá trình ủ giảm ứng suất của tấm thép (tấm thép điện không định hướng) sau khi ủ tinh, có thể thu được sự phát triển hạt tốt và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao.

[002828]

Tiếp theo, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu liên quan đến phương pháp không gây ra sự hình thành AlN, mà có hại đến sự phát triển hạt, trong trường hợp khi lượng của B là không đủ so với lượng của N. Kết quả là, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng khi quá trình xử lý nhiệt được thực hiện trong đó phôi tấm trước khi cán nóng được giữ trong khoảng nhiệt độ từ 1000 đến 1050°C trong 30 phút hoặc lâu hơn, và quá trình xử lý nhiệt còn được thực hiện trong đó tấm thép sau khi cán nóng được giữ trong khoảng nhiệt độ từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn, có thể tránh được sự hình thành của AlN, và trong quá trình ủ tinh của tấm thép sau khi cán nguội, hoặc trong quá trình ủ giảm ứng suất của tấm thép điện không định hướng sau khi ủ tinh, thu được sự phát triển hạt tốt và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao.

[002929]

Dựa trên các phát hiện nêu trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện các điều kiện trong đó, trong thép được khử oxy bằng Al mà B được bổ sung vào với lượng khoảng 0,002%, cả tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao có thể đạt được một cách tương hợp mà không cần bổ sung một quá trình đặc biệt để thúc đẩy sự làm thô các hạt, và do đó hoàn thành sáng chế.

[003030]

Sáng chế đã được thực hiện dựa trên các phát hiện nêu trên. Các yêu cầu tương ứng của sáng chế được mô tả dưới đây.

[003131]

1. Thành phần hóa học

Thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và tấm thép cán nóng theo một phương án của sáng chế sẽ được mô tả bây giờ. Các lý do hạn chế mỗi nguyên tố là như sau. Lưu ý rằng, ký hiệu “%” đối với hàm lượng trong phần mô tả sau đây có nghĩa là “phần trăm khối lượng”.

[003232]

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%

C có tác dụng cố định B hòa tan dưới dạng các carbit. Tuy nhiên, nếu C được chứa với lượng lớn hơn 0,0050%, C sẽ làm cho tổn hao do sắt kém đi do già hóa từ tính. Do đó, hàm lượng của C cần phải nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%. Hàm lượng của C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0015%, lớn hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0025%. Hơn nữa, hàm lượng của C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%.

[003333]

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%

Si là nguyên tố có hiệu quả để tăng điện trở. Tuy nhiên, nếu hàm lượng của Si là lớn hơn 1,50%, sự tăng độ cứng, giảm mật độ từ thông, và tăng chi phí sản xuất và hiện tượng tương tự sẽ xảy ra. Do đó, hàm lượng của Si cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%. Hàm lượng của Si tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,30%, nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%. Mặc dù giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của Si là 0%, để thu được hiệu quả đã nêu ở trên, hàm lượng của Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,10%, lớn hơn hoặc bằng 0,20%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,50%.

[003434]

Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%

Mn là nguyên tố tạo sulfua, và tốt hơn là được chứa với lượng thích hợp từ quan điểm thúc đẩy sự phát triển hạt. Tuy nhiên, nếu hàm lượng của Mn là lớn hơn 1,50%, nhiệt độ chuyển hóa sẽ giảm và việc kiểm soát cấu trúc micro của tấm thép cán nóng sẽ khó khăn, và sẽ không thể thúc đẩy sự phát triển hạt, và do đó sẽ làm tổn hao do sắt kém đi. Ngoài ra, điều này sẽ làm giảm đáng kể mật độ từ thông bão hòa. Do đó, hàm lượng của Mn cần phải nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%. Hàm lượng của Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,30%, lớn hơn hoặc bằng 0,50%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,70%. Hơn nữa, hàm lượng của Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,20%, nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%.

[003535]

Sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%

Al là nguyên tố là cần thiết đối với quá trình khử oxy của thép. Nếu hàm lượng của sol. Al (Al có mặt ở trạng thái hòa tan) nhỏ hơn 0,010%, sẽ không thu được tác dụng khử oxy ổn định, và vấn đề như làm tắc vòi phun sẽ xuất hiện. Mặt khác, từ quan điểm sử dụng phế liệu bởi người dùng, hàm lượng của Al càng nhỏ, thì càng được ưu tiên hơn. Do đó, hàm lượng của sol. Al cần phải nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%. Hàm lượng của sol. Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,015%, lớn hơn hoặc bằng 0,020%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,025%. Hơn nữa, hàm lượng của sol. Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,035%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,028%.

[003636]

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Ti tạo ra các nitrua và do đó làm giảm đáng kể sự phát triển hạt. Tuy nhiên, do Ti là nguyên tố trộn vào trong thép dưới dạng tạp chất, trong công nghiệp khó làm cho hàm lượng của Ti bằng 0. Hơn nữa, lượng vết của Ti có tác dụng ức chế sự hình thành của AlN. Mặt khác, nếu hàm lượng của Ti dư, Ti sẽ làm cho sự phát triển hạt giảm xuống. Do đó, hàm lượng của Ti cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng của Ti tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%. Mặt khác, khi mong muốn thu được tác dụng đã nêu ở trên, hàm lượng của Ti tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%.

[003737]

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Nb tạo ra các nitrua và do đó làm giảm đáng kể sự phát triển hạt. Tuy nhiên, do Nb là nguyên tố trộn vào trong thép dưới dạng tạp chất, trong công nghiệp khó làm cho hàm lượng của Nb bằng 0. Hơn nữa, lượng vết của Nb có tác dụng ức chế sự hình thành của AlN. Mặt khác, nếu hàm lượng của Nb dư, Nb sẽ làm giảm sự phát triển hạt. Do đó, hàm lượng của Nb cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng của Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%. Mặt khác, khi mong muốn thu được tác dụng đã nêu ở trên, hàm lượng của Nb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%.

[003838]

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

V tạo ra các nitrua và do đó làm giảm đáng kể sự phát triển hạt. Tuy nhiên, do V là nguyên tố trộn vào trong thép dưới dạng tạp chất, trong công nghiệp khó làm cho hàm lượng của V bằng 0. Hơn nữa, lượng vết của V có tác dụng ức chế sự hình thành của AlN. Mặt khác, nếu hàm lượng của V dư, V sẽ làm giảm sự phát triển hạt. Do đó, hàm lượng của V cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng của V tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%. Mặt khác, khi mong muốn thu được tác dụng đã nêu ở trên, hàm lượng của V tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%.

[003939]

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

Zr tạo ra các nitrua và do đó làm giảm đáng kể sự phát triển hạt. Tuy nhiên, do Zr là nguyên tố trộn vào trong thép dưới dạng tạp chất, trong công nghiệp khó làm cho hàm lượng của Zr bằng 0. Hơn nữa, lượng vết của Zr có tác dụng ức chế sự hình thành của AlN. Mặt khác, nếu hàm lượng của Zr dư, Zr sẽ làm giảm sự phát triển hạt. Do đó, hàm lượng của Zr cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng của Zr tốt hơn là

nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%. Mặt khác, khi mong muốn thu được tác dụng đã nêu ở trên, hàm lượng của Zr tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%.

[004040]

Nguyên tố bất kỳ trong số Ti, Nb, V và Zr có thể được chứa độc lập, hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố có thể được chứa phối hợp. Tuy nhiên, nếu tổng hàm lượng của các nguyên tố này quá nhỏ, sẽ không thu được tác dụng ức chế sự hình thành của AlN, trong lúc mặt khác, tổng hàm lượng dư của các nguyên tố này sẽ làm giảm sự phát triển hạt. Do đó, cần thiết là tổng hàm lượng của các nguyên tố này thỏa mãn công thức (i) sau đây.

$$0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120 \dots (i)$$

Trong đó, mỗi ký hiệu của nguyên tố trong công thức (i) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng.

[004141]

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

N tạo ra các các nitrua, có hại cho sự phát triển hạt. Để làm điều kiện không làm giảm sự phát triển hạt, giới hạn trên của hàm lượng của N cần phải bằng 0,0030%. Hàm lượng của N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0015%. Lưu ý rằng, mặc dù hàm lượng của N tốt hơn là được giảm càng nhiều càng tốt, do N là nguyên tố trộn vào trong thép dưới dạng tạp chất, trong công nghiệp khó làm cho hàm lượng của N bằng 0. Theo sáng chế, với tiền đề là N được chứa ở một mức độ nào đó, giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của N được xác định bằng biểu thức quan hệ với hàm lượng của B được mô tả sau đây. Mặt khác, giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của N có thể được quy định riêng. Chẳng hạn, hàm lượng của N có thể được quy định là lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%. Lưu ý rằng, thuật ngữ “hàm lượng của N” có nghĩa là hàm lượng của tất cả các dạng của N, bao gồm N tạo ra N_{AlN} , được mô tả sau đây, và BN và dạng tương tự.

[004242]

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%

S tạo ra các sulfua, do đó làm giảm đáng kể sự phát triển hạt. Cụ thể, nếu hàm lượng của S là lớn hơn 0,0040%, lượng của kết tủa sulfua sẽ tăng lên, và sự phát triển hạt sẽ bị ức chế. Do đó, hàm lượng của S cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Hàm lượng của S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%. Mặc dù giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của S là 0%, khi tính đến chi phí tinh luyện, hàm lượng của S có thể được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0008%, lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0012%.

[004343]

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%

B là nguyên tố cơ bản để ức chế sự hình thành của AlN, có hại cho sự phát triển hạt. Do đó, hàm lượng của B cần phải nằm trong khoảng từ nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và được xác định theo hàm lượng của N đã nêu ở trên. Đặc biệt, hàm lượng của B được kiểm soát để thỏa mãn công thức (ii) sau đây. Lưu ý rằng, thuật ngữ “hàm lượng của B” có nghĩa là hàm lượng của tất cả các dạng của B, kể cả B hòa tan (sol. B) và B tạo ra các chất kết tủa như BN và loại tương tự. Việc làm cho giá trị của B/N nằm trong khoảng từ 0,5 đến 1,5 là một biện pháp quan trọng trong số các biện pháp để đạt được cả việc làm giảm lượng của B hòa tan lẫn ngăn chặn sự hình thành AlN. Lưu ý rằng, giá trị của B/N tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,6, lớn hơn hoặc bằng 0,7, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,8. Hơn nữa, B/N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,4, nhỏ hơn hoặc bằng 1,3, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,0.

$$0,5 \leq B/N \leq 1,5 \dots (ii)$$

Trong đó, mỗi ký hiệu của nguyên tố trong công thức (ii) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng.

[004444]

Hơn nữa, theo sáng chế, ngoài hàm lượng của B, hàm lượng của sol. B cũng được xác định. Để làm giới hạn trên không ảnh hưởng đến mật độ từ thông, hàm lượng của

sol. B cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%. Nói cách khác, cần thiết là hàm lượng của sol. B thỏa mãn công thức (iii) sau đây.

$$\text{sol. B} \leq 0,0005\ldots(\text{iii})$$

[004545]

Hàm lượng của sol. B tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0004%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0003%. Lưu ý rằng, vì hàm lượng của sol. B tốt hơn là được giảm càng nhiều càng tốt, giá trị giới hạn dưới của nó là 0%. Mặt khác, hàm lượng của sol. B có thể được xác định là lớn hơn hoặc bằng 0,00005%, lớn hơn hoặc bằng 0,00010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,00015%.

[004646]

Theo sáng chế, hàm lượng của sol. B được đo bằng quy trình sau đây. Trước tiên, mẫu được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng hoặc tấm thép cán nóng, và mẫu được điện phân trong 10% axetylaxeton-1% tetrametylamoni clorua-metanol ở mật độ dòng điện 20mA/cm² để làm giảm trọng lượng khoảng 0,4g. Dung dịch được sử dụng để điện phân được lọc bằng cách sử dụng bộ lọc có kích thước lỗ bằng 0,2μm, và hàm lượng của B trong cặn chiết được thu hồi trên bộ lọc được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ nguyên tử (atomic emission spectroscopy, ICP). Giá trị thu được bằng cách trừ hàm lượng của B trong cặn chiết từ hàm lượng của B trong thép được chấp nhận là hàm lượng của sol. B.

[004747]

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%

Theo sáng chế, Sn là không cần thiết, và do đó giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của Si là 0%. Từ quan điểm làm giảm chi phí hợp kim, hàm lượng của Sn tốt hơn là được giảm càng nhiều càng tốt. Tuy nhiên, Sn có tác dụng có lợi là cải thiện mật độ từ thông. Ngoài ra, Sn còn có tác dụng ngăn chặn sự nitrua hóa và oxy hóa trên bề mặt tấm thép trong quá trình ủ. Hơn nữa, trong trường hợp khi sol. Al được chứa với lượng nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%, Sn đặc biệt có khả năng bị nitrua hóa. Do đó, Sn có thể được chứa nếu cần. Đặc biệt hàm lượng của Sn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01%, lớn hơn hoặc bằng 0,02%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Mặt khác, ngay cả

khi hàm lượng của Sn quá lớn, hiệu quả của nó sẽ bị bão hòa, và do đó hàm lượng của Sn có thể được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,08%.

[004848]

2. Các chất kết tủa

Hàm lượng của N tạo ra AlN (sau đây, được mô tả là “N_{AIN}”) cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005% dưới dạng giới hạn trên của nó mà không ảnh hưởng đến sự phát triển hạt. Nói cách khác, cần thiết là hàm lượng của N_{AIN} thỏa mãn công thức (iv) sau đây.

$$N_{AIN} \leq 0,0005\% \text{ (iv)}$$

[004949]

Hàm lượng của N_{AIN} tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0004%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0003%. Lưu ý rằng, do hàm lượng của N_{AIN} tốt hơn là được giảm càng nhiều càng tốt, giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của N_{AIN} là 0%. Mặt khác, hàm lượng của N_{AIN} có thể được xác định là lớn hơn hoặc bằng 0,00005%, lớn hơn hoặc bằng 0,00010%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,00015%.

[005050]

Theo sáng chế, hàm lượng của N_{AIN} được đo bằng quy trình sau đây. Trước tiên, mẫu được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng hoặc tấm thép cán nóng, và mẫu được điện phân trong 10% axetylaxeton-1% tetrametylamoni clorua-metanol ở mật độ dòng điện bằng 20mA/cm² để làm giảm trọng lượng khoảng 0,4g. Dung dịch được sử dụng để điện phân được lọc bằng cách sử dụng bộ lọc có kích thước lỗ bằng 0,2μm, và hàm lượng của Al trong cặn chiết được thu hồi trên bộ lọc được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ nguyên tử ICP. Hơn nữa, do cho rằng tất cả Al trong cặn chiết có mặt dưới dạng AlN, hàm lượng của N trong cặn chiết được xác định bằng cách nhân hàm lượng của Al trong cặn chiết với 14/27, và thu được giá trị được chấp nhận là hàm lượng của N_{AIN}.

[005151]

Lưu ý rằng, như đã nêu ở trên, theo sáng chế, mặc dù trạng thái của các chất kết tủa là rất quan trọng, nhưng trạng thái các chất kết tủa không được xác định đặc biệt. Lý do là ở chỗ, do các chất kết tủa cực kỳ mịn, về mặt kỹ thuật khó xác định trạng thái của nó. Hơn nữa, đã xác nhận rằng bằng cách làm cho lượng của N_{AIN} và chất tương tự mà tạo ra các chất kết tủa nằm trong khoảng đã nêu ở trên, các chất kết tủa được kiểm soát thuận lợi và các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng được cải thiện.

[005252]

3. Kích thước hạt tinh thể

Kích thước hạt tinh thể trung bình trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế không được xác định đặc biệt. Như đã nêu ở trên, tấm thép điện không định hướng được sử dụng sau quá trình gia công và ủ giảm ứng suất, và do đó kích thước hạt tinh thể trung bình thay đổi theo các điều kiện của ủ giảm ứng suất. Khi tính đến các điều kiện sử dụng thực tế được mô tả ở trên, miễn là các đặc tính phát triển hạt trong quá trình ủ giảm ứng suất tốt, không nhất thiết phải xác định kích thước hạt tinh thể trung bình ở giai đoạn tấm thép điện không định hướng. Mặt khác, kích thước hạt tinh thể trung bình là yếu tố quan trọng từ quan điểm cải thiện khả năng dập. Trong tấm thép điện không định hướng được dập, nếu kích thước hạt tinh thể trung bình nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu m$, khả năng dập cải thiện. Do đó, kích thước hạt tinh thể trung bình của tấm thép điện không định hướng sau khi ủ tinh có thể được làm cho nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu m$. Kỹ thuật đã biết có thể được sử dụng một cách thích hợp làm biện pháp để làm cho kích thước hạt tinh thể trung bình nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu m$.

[005353]

Nói chung, các tấm thép điện không định hướng được gia công và ủ giảm ứng suất sau khi chuyên chở. Khi kích thước hạt tinh thể trung bình sau bước ủ giảm ứng suất lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$, các đặc tính tổn hao do sắt được cải thiện rất nhiều. Vì thành phần hóa học và trạng thái của các oxit của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được kiểm soát để nằm trong các khoảng được ưu tiên, kích thước hạt tinh thể trung bình sau khi thực hiện ủ giảm ứng suất trong các điều kiện trong đó tấm thép điện không định hướng được giữ ở $750^{\circ}C$ trong hai giờ là lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$. Lưu ý rằng, đối với các sản phẩm thực tế, các điều kiện để thực hiện ủ giảm

ứng suất không bị giới hạn ở điều kiện đã nêu ở trên, và nhiệt độ và thời gian ủ có thể được thay đổi thích hợp khi xét đến cả các hạn chế về mặt thiết bị và sự thúc đẩy sự phát triển hạt.

[005454]

Kích thước hạt tinh thể trung bình của tấm thép điện không định hướng có thể được xác định bằng phương pháp sau đây. Mặt cắt ngang L (mặt cắt ngang song song với hướng cán) của tấm thép điện không định hướng được đánh bóng và khắc ăn mòn, và sau đó được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Độ phóng đại quan sát được thiết lập đến $\times 100$, diện tích của trường nhìn quan sát được thiết lập đến $0,5\text{mm}^2$, và số lượng của các điểm quan sát được thiết lập đến ba điểm. Kích thước hạt tinh thể trung bình của tấm thép điện không định hướng sau đó được xác định bằng cách áp dụng phương pháp được mô tả trong “Steels - Micrographic Determination of the Apparent Grain Size” quy định trong JI S G 0551: 2013 cho các ảnh vi quang học này.

[005555]

4. Phương pháp sản xuất

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế bao gồm quá trình sản xuất thép, quá trình cán nóng, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, và quá trình ủ tinh.

[005656]

(a) Quá trình sản xuất thép

Trong quá trình sản xuất thép, phôi tấm có thành phần hóa học đã nêu ở trên được tạo ra bằng thực hiện quá trình tinh luyện và đúc thích hợp. Các điều kiện sản xuất trong quá trình sản xuất thép không bị giới hạn đặc biệt, và các điều kiện đã biết rõ có thể được chấp nhận một cách thích hợp.

[005757]

(b) Quá trình cán nóng

Trong quá trình cán nóng, phôi tấm thu được bằng quá trình đúc liên tục được gia nhiệt, và sau đó được cán nóng để thu được tấm thép cán nóng. Tấm thép cán nóng theo

một phương án của sáng chế được tạo ra bằng quá trình này. Lưu ý rằng, các quá trình sau quá trình cán nóng, về cơ bản, không ảnh hưởng đến thành phần hóa học và trạng thái của các oxit. Do đó, như đã nêu ở trên, thành phần hóa học và trạng thái của các chất kết tủa của tấm thép cán nóng giống như tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

[005858]

Quá trình cán nóng là quá trình quan trọng để kiểm soát các chất kết tủa và bảo đảm các đặc tính từ. Trong quá trình cán nóng, trước khi thực hiện cán nóng, nhiệt độ của phôi tấm được giữ nằm trong khoảng từ 1000 đến 1050°C trong 30 phút hoặc lâu hơn. Tiếp theo, quá trình cán nóng được thực hiện sao cho tỷ lệ cán tích lũy nằm trong khoảng nhiệt độ từ 900 đến 1000°C lớn hơn hoặc bằng 70%. Sau đó, sau khi quá trình cán nóng được thực hiện, nhiệt độ của tấm thép cán nóng được giữ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn.

[005959]

Như đã đề cập đến ở trên, về mặt kỹ thuật rất khó để xác định trong quá trình sản xuất thép liệu hàm lượng của B có dư hoặc là không đủ so với hàm lượng của N hay không. Tuy nhiên, bằng cách đáp ứng các điều kiện sản xuất đã nêu ở trên trong quá trình cán nóng, có thể tương ứng với cả hai trường hợp trong đó hàm lượng của B dư so với hàm lượng của N và trường hợp trong đó hàm lượng của B là không đủ so với hàm lượng của N. Mỗi trường hợp trong số các trường hợp này được mô tả chi tiết dưới đây.

[006060]

Trước tiên, trong trường hợp khi hàm lượng của B dư so với hàm lượng của N, do lượng của AlN có thể được ngăn chặn bằng cách cố định N bằng cách sử dụng B, có thể làm cho hàm lượng của N_{AlN} nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%. Mặt khác, vì dư B, có nguy cơ là hàm lượng của sol. B sẽ lớn hơn 0,0005%. Do đó, cần ngăn chặn hàm lượng của B hòa tan bằng cách gây hình thành các chất kết tủa B khác với BN. Mặc dù B tạo ra các carbit, nhiệt độ kết tủa của các B carbit là tương đối thấp. Do đó, có thể thúc đẩy sự kết tủa của các B carbit bằng cách làm cho tỷ lệ cán tích lũy trong khoảng nhiệt độ từ 900 đến 1000°C lớn hơn hoặc bằng 70%.

[006161]

Hơn nữa, mặc dù sự kết tủa của các B carbit được thúc đẩy bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trong các điều kiện đã nêu ở trên, có khả năng là một phần của B sẽ còn lại như nó ở trạng thái được hòa tan trong tấm thép sau khi cán nóng. Tuy nhiên, sau khi thực hiện cán nóng, có thể làm cho B hòa tan như vậy kết tủa bằng cách giữ nhiệt độ của tấm thép cán nóng nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn. Điều này là vì các B carbit không kết tủa ngay cả khi giữ nhiệt độ nhỏ hơn 700°C, và hòa tan nếu giữ nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 780°C.

[006262]

Tiếp theo, trong trường hợp khi hàm lượng của B là không đủ so với hàm lượng của N, mặc dù sol. B có thể được làm cho nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%, cần ngăn chặn sự hình thành của AlN. Theo sáng chế, sự hình thành của AlN là có hại cho sự phát triển hạt được ngăn chặn bằng cách gây ra sự hình thành của các nitrua của Ti, Nb, V, và Zr. Vì vậy các nitrua tương đối mịn, cần thiết làm cho các nitrua này đủ phát triển trong quá trình này. Do đó, trước khi thực hiện cán nóng, nhiệt độ của phôi tấm được giữ nằm trong khoảng từ 1000 đến 1050°C trong 30 phút hoặc lâu hơn, và sau khi thực hiện cán nóng, nhiệt độ của tấm thép cán nóng được giữ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn. Bằng cách này, nhờ việc cố định N bằng cách sử dụng Ti, Nb, V, và Zr, và do đó khử lượng AlN, có thể làm cho hàm lượng của N_{AlN} nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%.

[006363]

Lưu ý rằng, mặc dù hệ số giảm cán trong quá trình cán nóng không bị giới hạn đặc biệt, hệ số giảm cán này tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 90%. Hơn nữa, mặc dù độ dày của tấm thép cán nóng thu được không bị giới hạn đặc biệt, tốt hơn là độ dày này nằm trong khoảng từ 1,0 đến 4,0mm, và tốt hơn nữa là từ 2,0 đến 3,0mm.

[006464]

(c) Quá trình tẩy gỉ

Trong quá trình tẩy gỉ, tấm thép cán nóng thu được bằng cách thực hiện quá trình cán nóng được tẩy gỉ. Các điều kiện tẩy gỉ không bị giới hạn đặc biệt, và đủ để thiết lập

các điều kiện tẩy gỉ trong khoảng bình thường so với các điều kiện để sản xuất tấm thép điện không định hướng.

[006565]

(d) Quá trình cán nguội

Trong quá trình cán nguội, tấm thép cán nóng đã được tẩy gỉ được cán nguội để thu được tấm thép cán nguội. Các điều kiện cán nguội không bị giới hạn đặc biệt, và đủ để thiết lập các điều kiện cán nguội trong khoảng bình thường so với các điều kiện để sản xuất tấm thép điện không định hướng. Chẳng hạn, đối với hệ số giảm cán trong quá trình cán nguội, hệ số giảm cán tốt hơn là được thiết lập nằm trong khoảng từ 50 đến 95%, và tốt hơn nữa là từ 75 đến 85%.

[006666]

(e) Quá trình ủ tinh

Trong quá trình ủ tinh, tấm thép cán nguội thu được bằng cách thực hiện quá trình cán nguội được ủ tinh. Các điều kiện trong quá trình ủ tinh không bị giới hạn đặc biệt, và các điều kiện đã biết rõ có thể được sử dụng thích hợp. Tuy nhiên, tốt hơn là tăng tốc độ gia nhiệt của tấm thép cán nguội vì kết quả là mật độ từ thông có thể được tăng lên. Do đó, tốc độ gia nhiệt trong quá trình ủ tinh tốt hơn là được làm cho lớn hơn hoặc bằng 20°C/s . Ở đây, thuật ngữ “tốc độ gia nhiệt” dùng để chỉ giá trị thu được bằng cách chia mức chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt của tấm thép cán nguội và nhiệt độ giữ trong khoảng thời gian cần thiết để đạt được nhiệt độ giữ từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt, nói cách khác, thuật ngữ “tốc độ gia nhiệt” dùng để chỉ tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến nhiệt độ giữ.

[006767]

Hơn nữa, trong quá trình ủ tinh, nếu nhiệt độ cao nhất (nhiệt độ của tấm thép cán nguội) đạt lớn hơn hoặc bằng 850°C , các kích thước hạt tinh thể sẽ quá lớn, và có khả năng là các khuyết tật sẽ xuất hiện trong quá trình dập mà được thực hiện trước khi ủ giảm ứng suất. Để tránh tình trạng như vậy, nhiệt độ cao nhất đạt được tốt hơn là được làm cho nhỏ hơn 850°C . Mặt khác, nếu nhiệt độ cao nhất đạt được nhỏ hơn 800°C , có khả năng là sự kết tinh lại sẽ không đủ và các khuyết tật sẽ xuất hiện trong quá trình dập.

Để tránh tình trạng như vậy, nhiệt độ cao nhất đạt được tốt hơn là được làm cho lớn hơn hoặc bằng 800°C. Hơn nữa, để tránh tình trạng trong đó các kích thước hạt tinh thể trở nên quá lớn và các khuyết tật xuất hiện trong quá trình dập mà được thực hiện trước khi ủ giảm ứng suất, tốt hơn là khoảng thời gian để nhiệt độ của tấm thép cán nguội lớn hơn hoặc bằng 800°C được thiết lập đến 15 giây hoặc nhỏ hơn.

[006868]

Mặc dù độ dày của tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách trải qua các quá trình được mô tả ở trên không bị giới hạn đặc biệt, độ dày này tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 1,0mm, và tốt hơn nữa là từ 0,2 đến 0,7mm.

[006969]

Dưới đây, sáng chế được mô tả cụ thể hơn bằng các ví dụ, mặc dù sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[007070]

Các tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách thực hiện quá trình sản xuất thép, quá trình cán nóng, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội và quá trình ủ tinh theo thứ tự này. Các thành phần hóa học của các tấm thép điện không định hướng được thể hiện trong bảng 1, và các điều kiện sản xuất được sử dụng được thể hiện trong bảng 2. Lưu ý rằng, mỗi loại của tấm thép được sản xuất năm lần trong cùng các điều kiện.

[007171]

Bảng 1

Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại: Fe và các tạp chất)											Ti+Nb +V+Zr	B/N
	C	Si	Mn	sol.Al	Ti	Nb	V	Zr	N	S	B	Sn	
A1	0,0032	0,30	0,12	0,023	0,0020	0,0021	0,0002	0,0011	0,0021	0,0032	0,0021	-	0,0054
A2	0,0024	0,40	0,23	0,021	0,0011	0,0011	0,0003	0,0010	0,0023	0,0032	0,0031	-	0,0035
A3	0,0045	0,60	0,44	0,036	0,0005	0,0023	0,0004	0,0012	0,0025	0,0024	0,0027	0,03	0,0044
A4	0,0042	0,20	0,32	0,024	0,0002	0,0012	0,0006	0,0014	0,0013	0,0029	0,0011	-	0,0034
A5	0,0021	0,80	0,35	0,022	0,0003	0,0028	0,0004	0,0012	0,0015	0,0035	0,0013	0,03	0,0047
A6	0,0027	1,10	0,99	0,031	0,0004	0,0014	0,0004	0,0011	0,0022	0,0031	0,0013	0,08	0,0033
A7	0,0013	1,30	1,42	0,025	0,0006	0,0016	0,0005	0,0011	0,0024	0,0026	0,0022	0,14	0,0038
A8	0,0038	0,50	0,23	0,037	0,0008	0,0015	0,0011	0,0010	0,0014	0,0021	0,0013	0,43	0,0044
a1	0,0067	0,10	0,34	0,031	0,0009	0,0021	0,0021	0,0015	0,0013	0,0019	0,0011	0,22	0,0066
a2	0,0006	0,30	0,54	0,029	0,0026	0,0020	0,0012	0,0015	0,0014	0,0015	0,0020	0,01	0,0073
a3	0,0044	1,80	0,32	0,035	0,0022	0,0013	0,0009	0,0012	0,0018	0,0029	0,0013	0,04	0,0056
a4	0,0033	0,50	1,70	0,030	0,0013	0,0021	0,0011	0,0020	0,0020	0,0032	0,0011	0,06	0,0065
a5	0,0024	0,90	0,36	0,032	0,0036	0,0037	0,0035	0,0039	0,0028	0,0037	0,0023	0,43	0,0147
a6	0,0034	1,40	0,53	0,021	0,0002	0,0005	0,0004	0,0002	0,0021	0,0031	0,0022	0,34	0,0013
a7	0,0042	1,30	0,31	0,037	0,0012	0,0019	0,0010	0,0012	0,0035	0,0023	0,0021	0,31	0,0053
a8	0,0012	1,10	0,67	0,028	0,0014	0,0021	0,0013	0,0015	0,0022	0,0044	0,0023	0,24	0,0063
a9	0,0035	0,40	0,93	0,032	0,0024	0,0023	0,0012	0,0013	0,0021	0,0021	0,0039	0,30	0,0072
a10	0,0020	0,30	0,34	0,037	0,0021	0,0022	0,0011	0,0014	0,0017	0,0032	0,0005	0,20	0,0068

[007272]

Bảng 2

Thử nghiệm số	Thép	Quá trình cán nóng							Quá trình cán nguội	Quá trình ủ tinh		
		Nhiệt độ gia nhiệt phơi tám (°C)	Thời gian giữ phơi tám (phút)	Tỷ lệ cán tích lũy ở nhiệt độ 900-1000°C (%)	Nhiệt độ giữ sau khi cán nóng (°C)	Thời gian giữ sau khi cán nóng (phút)	Tổng mức giảm cán quá trình cán nóng (%)	Mức giảm cán nguội (%)		Tốc độ gia nhiệt (°C/s)	Nhiệt độ cao nhất đạt được (°C)	Thời gian giữ ở nhiệt độ 800°C hoặc cao hơn (s)
1	A1	1034	90	80	720	50	99	81		20	810	6
2	A2	1045	110	80	770	30	99	81		30	820	9
3	A3	1041	140	85	740	40	99	80		40	820	10
4	A4	1033	130	90	760	50	99	86		50	830	11
5	A5	1024	150	80	775	60	99	80		40	840	14
6	A6	1022	170	85	750	80	99	86		30	810	11
7	A7	1040	120	80	770	90	99	81		40	810	7
8	A8	1023	130	85	720	120	99	80		50	830	10
9	a1	1040	60	80	750	50	99	86		80	820	14
10	a2	1033	50	85	710	40	99	80		100	810	12
11	a3	1023	70	80	700	50	99	81		20	830	13
12	a4	1045	100	85	740	80	99	86		30	845	12
13	a5	1040	60	80	740	80	99	81		30	810	5
14	a6	1022	90	80	760	90	99	86		40	830	12
15	a7	1024	60	80	770	100	99	81		30	820	10
16	a8	1021	90	85	775	35	99	80		50	820	11
17	a9	1038	80	85	730	80	99	80		40	830	10
18	a10	1033	60	80	720	40	99	86		70	810	12
19	A4	1080	50	80	710	40	99	86		30	820	11
20	A5	980	60	85	700	60	99	88		40	810	8
21	A6	1020	20	80	740	80	99	81		50	820	10

22	A7	1030	60	80	800	90	99	80	30	830	5
23	A8	1024	80	85	650	50	99	80	40	840	10
24	A4	1044	130	80	750	20	99	81	40	820	6
25	A2	1031	120	60	740	90	99	86	30	810	10
26	A3	1029	110	80	850	100	99	80	20	820	15
27	A2	1021	100	85	600	120	99	88	30	830	12
28	A3	1024	90	80	750	10	99	81	25	820	11
29	A1	1031	40	85	730	40	99	86	10	840	10
30	A1	1044	80	80	720	90	99	80	40	850	5

[007373]

Các hàm lượng của sol. B và của N_{AIN} trong các tấm thép điện không định hướng thu được được đo bằng các phương pháp sau đây.

[007474]

Trước tiên, mẫu được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng, và mẫu được điện phân trong 10% axetylaxeton-1% tetrametylamoni clorua-metanol ở mật độ dòng điện bằng $20\text{mA}/\text{cm}^2$ để làm giảm trọng lượng khoảng 0,4g. Dung dịch được sử dụng để điện phân được lọc bằng cách sử dụng bộ lọc có kích thước lỗ bằng $0,2\mu\text{m}$, và hàm lượng của B trong cặn chiết được thu hồi trên bộ lọc được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ nguyên tử ICP. Giá trị thu được bằng cách trừ hàm lượng của B trong cặn chiết từ hàm lượng của B trong thép được chấp nhận là hàm lượng của sol. B.

[007575]

Tương tự, mẫu được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng, và mẫu được điện phân trong 10% axetylaxeton-1% tetrametylamoni clorua-metanol ở mật độ dòng điện bằng $20\text{mA}/\text{cm}^2$ để làm giảm trọng lượng khoảng 0,4g. Dung dịch được sử dụng để điện phân được lọc bằng cách sử dụng bộ lọc có kích thước lỗ bằng $0,2\mu\text{m}$, và hàm lượng của Al trong cặn chiết được thu hồi trên bộ lọc được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ nguyên tử ICP. Hơn nữa, hàm lượng của N trong cặn chiết được xác định bằng cách nhân hàm lượng của Al trong cặn chiết với 14/27, và thu được giá trị được chấp nhận là hàm lượng của N_{AIN} .

[007676]

Đối với các hàm lượng của sol. B và của N_{AIN} , các giá trị đo thu được từ năm tấm thép được tính trung bình, và các giá trị tạo ra được chấp nhận làm kết quả đo tương ứng.

[007777]

Tiếp theo, mỗi tấm thép điện không định hướng thu được được ủ giảm ứng suất trong đó tấm thép điện không định hướng được giữ ở 750°C trong hai giờ. Các đặc tính của tấm thép điện không định hướng sau khi ủ giảm ứng suất sau đó được đánh giá như được mô tả dưới đây.

[007878]

(A) Tổn hao do sắt sau khi ủ giảm ứng suất

Tổn hao do sắt ($W_{15/50}$) của tấm thép sau bước ủ giảm ứng suất đã nêu ở trên được đo theo phương pháp được quy định trong JI S C 2552: 2014 “Non-oriented magnetic steel sheet and strip”. Nếu $W_{15/50}$ của tấm thép sau khi ủ giảm ứng suất nhỏ hơn hoặc bằng $5,0W/kg$, tấm thép điện không định hướng được xác định là có các đặc tính tổn hao do sắt vượt trội sau khi ủ giảm ứng suất.

[007979]

(B) Mật độ từ thông sau khi ủ giảm ứng suất

Mật độ từ thông (B_{50}) của tấm thép sau bước ủ giảm ứng suất đã nêu ở trên được đo theo phương pháp được quy định trong JI S C 2552: 2014 “Non-oriented magnetic steel sheet and strip”. Nếu B_{50} của tấm thép sau khi ủ giảm ứng suất lớn hơn hoặc bằng $1,70T$, tấm thép điện không định hướng được xác định là có mật độ từ thông vượt trội sau khi ủ giảm ứng suất.

[008080]

(C) Các đặc tính phát triển hạt sau khi ủ giảm ứng suất

Kích thước hạt tinh thể trung bình của tấm thép sau bước ủ giảm ứng suất đã nêu ở trên được đo bằng cách sử dụng phương pháp giống như phương pháp đo kích thước hạt tinh thể trung bình của tấm thép điện không định hướng được mô tả ở trên. Các tấm thép điện không định hướng mà kích thước hạt tinh thể trung bình sau khi ủ giảm ứng suất lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ được xác định là có các đặc tính phát triển hạt tốt trong quá trình ủ giảm ứng suất.

[008181]

(D) Khả năng dập

Việc đánh giá khả năng dập được thực hiện bằng cách sử dụng tấm thép điện không định hướng sau khi ủ tinh nhưng trước khi thực hiện ủ giảm ứng suất. Đặc biệt, tấm thép này được dập với độ hở nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 7% đến nhỏ hơn hoặc bằng 12% độ dày tấm. Chiều cao bavia ở phần dập được đo. Đối với các mẫu

mà chiều cao bavia nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu\text{m}$, xác định được là khả năng đập “tốt” (ký hiệu A). Đối với các mẫu mà chiều cao bavia lớn hơn $30\mu\text{m}$ đến nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$, xác định được là khả năng đập “có thể chấp nhận được” (ký hiệu B).

[008282]

Các kết quả của các đánh giá nêu trên được thể hiện trong bảng 3. Lưu ý rằng, việc đánh giá các đặc tính được thực hiện bằng cách sử dụng năm tấm thép. Hơn nữa, trong bảng 3, giá trị trung bình và giá trị lớn nhất được thể hiện đối với tổn hao do sắt, và giá trị trung bình và giá trị nhỏ nhất được thể hiện đối với mật độ từ thông.

[008383]

Bảng 3

Thử nghiệm số	Thép	Tấm độ dày (mm)	B/N	sol.B (% khối lượng)	N _{AIN} (% khối lượng)	Kích thước hạt tinh thể trung bình		Các đặc tính từ				Khả năng đập	
						Sau khi ủ tinh (µm)	Sau khi ủ giảm ứng suất (µm)	Tổn hao do sắt W15/50 (W/kg)	Giá trị trung bình	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Giá trị nhỏ nhất	
1	A1	0,50	1,0	00005	00003	20	55	4,3	4,5	1,77	1,76	1,76	Ví dụ của sáng chế
2	A2	0,50	1,3	00004	00002	15	64	3,4	3,6	1,76	1,75	1,75	Ví dụ của sáng chế
3	A3	0,50	1,1	00003	00005	22	57	3,4	3,5	1,77	1,76	1,76	Ví dụ của sáng chế
4	A4	0,50	0,8	00002	00003	21	58	3,3	3,5	1,75	1,74	1,74	Ví dụ của sáng chế
5	A5	0,50	0,9	00003	00004	21	64	3,6	3,9	1,78	1,77	1,77	Ví dụ của sáng chế
6	A6	0,50	0,6	00004	00005	14	74	4,5	4,8	1,74	1,73	1,73	Ví dụ của sáng chế
7	A7	0,50	0,9	00005	00003	17	53	3,2	3,5	1,74	1,73	1,73	Ví dụ của sáng chế
8	A8	0,50	0,9	00003	00002	25	64	3,5	3,9	1,74	1,73	1,73	Ví dụ của sáng chế
9	a1	0,50	0,8	00002	00004	21	52	6,7	7,9	1,77	1,76	1,76	Ví dụ của sáng chế
10	a2	0,50	1,4	0,0012	00004	13	78	4,2	4,5	1,65	1,64	1,64	Ví dụ so sánh
11	a3	0,50	0,7	00003	00002	13	53	4,1	4,5	1,67	1,66	1,66	Ví dụ so sánh
12	a4	0,50	0,6	00004	00003	21	26	5,6	5,9	1,65	1,64	1,64	Ví dụ so sánh
13	a5	0,50	0,8	00004	00005	15	21	7,8	9,8	1,73	1,72	1,72	Ví dụ so sánh
14	a6	0,50	1,0	00003	00009	21	24	8,7	9,9	1,74	1,73	1,73	Ví dụ so sánh
15	a7	0,35	0,6	00002	0,0013	16	20	6,9	7,8	1,72	1,71	1,71	Ví dụ so sánh
16	a8	0,50	1,0	00004	00004	14	17	8,2	9,7	1,74	1,73	1,73	Ví dụ so sánh
17	a9	0,50	1,9	00008	00003	13	56	4,7	4,9	1,67	1,65	1,65	Ví dụ so sánh
18	a10	0,50	0,3	00001	00007	12	32	6,7	7,2	1,72	1,71	1,71	Ví dụ so sánh
19	A4	0,50	0,8	00002	00008	11	21	8,8	9,9	1,75	1,74	1,74	Ví dụ so sánh
20	A5	0,50	0,9	00003	00008	21	35	7,5	9,5	1,76	1,75	1,75	Ví dụ so sánh
21	A6	0,35	0,6	00003	0,0011	23	32	7,4	7,6	1,74	1,73	1,73	Ví dụ so sánh
22	A7	0,50	0,9	00003	00009	21	31	8,4	9,1	1,75	1,74	1,74	Ví dụ so sánh
23	A8	0,50	0,9	00003	00007	13	22	7,4	8,3	1,74	1,73	1,73	Ví dụ so sánh
24	A4	0,50	0,8	00002	00006	14	21	6,8	7,9	1,77	1,76	1,76	Ví dụ so sánh

25	A2	0,50	1,3	<u>0,0016</u>	00002	15	55	4,1	4,3	1,66	1,65	A	Ví dụ so sánh
26	A3	0,50	1,1	<u>0,0011</u>	00003	16	56	3,5	3,8	1,67	1,65	A	Ví dụ so sánh
27	A2	0,35	1,3	<u>00008</u>	00004	21	53	3,3	3,5	1,68	1,65	A	Ví dụ so sánh
28	A3	0,50	1,1	<u>00007</u>	00003	24	62	3,7	3,9	1,65	1,65	A	Ví dụ so sánh
29	A1	0,50	1,0	<u>00003</u>	00004	25	64	4,2	4,4	1,71	1,70	A	Ví dụ của sáng chế
30	A1	0,50	1,0	<u>00004</u>	00005	50	57	4,5	4,8	1,76	1,75	B	Ví dụ của sáng chế

[008484]

Như được thể hiện trong bảng 3, trong các thử nghiệm số từ 1 đến 8, 29 và 30 thỏa mãn các yêu cầu của sáng chế, phát hiện ra rằng các đặc tính từ vượt trội được biểu hiện ổn định. Mặt khác, trong các thử nghiệm số từ 9 đến 18 có các thành phần hóa học không đáp ứng các yêu cầu của sáng chế, các kết quả cho thấy rằng ít nhất một trong số tổn hao do sắt và các đặc tính từ kém đi.

[008585]

Hơn nữa, trong các thử nghiệm số từ 19 đến 24, vì thép trong đó hàm lượng của B không đủ so với hàm lượng của N được sử dụng, và các điều kiện sản xuất là không thích hợp, hàm lượng của N_{AIN} lớn hơn giới hạn trên và, kết quả là, tổn hao do sắt kém đi. Ngoài ra, trong các thử nghiệm số từ 25 đến 28, vì thép trong đó hàm lượng của B dư so với hàm lượng của N được sử dụng, và các điều kiện sản xuất là không thích hợp, hàm lượng của B hòa tan lớn hơn giới hạn trên và, kết quả là, mật độ từ thông bị suy giảm.

Khả năng áp dụng công nghiệp

[008686]

Theo sáng chế, tấm thép điện không định hướng trong đó sự phát triển hạt sau khi ủ giảm ứng suất tốt và trong đó tổn hao do sắt và mật độ từ thông sau khi ủ giảm ứng suất tốt có thể được sản xuất ổn định ở chi phí thấp. Do đó, sáng chế có khả năng áp dụng công nghiệp rất cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%,

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%,

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

và đáp ứng các công thức từ (i) đến (iv) dưới đây:

$$0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120 \dots (i)$$

$$0,5 \leq \text{B}/\text{N} \leq 1,5 \dots (ii)$$

$$\text{sol. B} \leq 0,0005 \dots (iii)$$

$$\text{N}_{\text{AlN}} \leq 0,0005 \dots (iv)$$

trong đó mỗi ký hiệu của nguyên tố trong các công thức từ (i) và (ii) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng, sol. B trong công thức (iii) nêu trên đại diện cho lượng B hòa tan (% khối lượng), và N_{AlN} trong công thức (iv) nêu trên đại diện cho lượng N (% khối lượng) có mặt dưới dạng AlN.

2. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học chứa, thay thế cho một phần của Fe, theo % khối lượng,

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

3. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó:

kích thước hạt tinh thể trung bình nhỏ hơn hoặc bằng $30\mu\text{m}$, và

kích thước hạt tinh thể trung bình sau khi thực hiện ủ giảm ứng suất trong các điều kiện giữ tấm thép điện không định hướng ở 750°C trong hai giờ là lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, bao gồm:

quá trình sản xuất thép để sản xuất phôi tấm có thành phần hóa học theo điểm 1 hoặc điểm 2,

quá trình cán nóng, sau khi gia nhiệt phôi tấm thu được, để thực hiện cán nóng để thu được tấm thép cán nóng,

quá trình tẩy gỉ để thực hiện tẩy gỉ trên tấm thép cán nóng,

quá trình cán nguội để thực hiện cán nguội trên tấm thép cán nóng sau khi tẩy gỉ để thu được tấm thép cán nguội, và

quá trình ủ tinh để ủ tinh tấm thép cán nguội,

trong đó:

trong quá trình cán nóng,

trước khi thực hiện cán nóng, nhiệt độ của phôi tấm được giữ nằm trong khoảng từ 1000 đến 1050°C trong 30 phút hoặc lâu hơn,

tỷ lệ cán tích lũy trong khoảng nhiệt độ từ 900 đến 1000°C được làm cho lớn hơn hoặc bằng 70%, và

sau khi quá trình cán nóng được thực hiện, nhiệt độ của tấm thép cán nóng được giữ nằm trong khoảng từ lớn hơn hoặc bằng 700°C đến nhỏ hơn 780°C trong 30 phút hoặc lâu hơn.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 4, trong đó:

trong quá trình ủ tinh, tấm thép cán nguội được gia nhiệt đến nhiệt độ cao nhất đạt lớn hơn hoặc bằng 800°C đến nhỏ hơn 850°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình lớn hơn

hoặc bằng 20°C/s, và khoảng thời gian trong đó nhiệt độ của tấm thép cán nguội lớn hơn hoặc bằng 800°C là nhỏ hơn hoặc bằng 15 giây.

6. Tấm thép cán nóng có vai trò là vật liệu ban đầu cho tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0050%,

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,50%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,040%,

Ti: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Nb: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

Zr: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

và đáp ứng các công thức từ (i) đến (iv) dưới đây:

$$0,0020 \leq \text{Ti} + \text{Nb} + \text{V} + \text{Zr} \leq 0,0120 \dots (i)$$

$$0,5 \leq \text{B}/\text{N} \leq 1,5 \dots (ii)$$

$$\text{sol. B} \leq 0,0005 \dots (iii)$$

$$\text{N}_{\text{AIN}} \leq 0,0005 \dots (iv)$$

trong đó mỗi ký hiệu của nguyên tố trong các công thức từ (i) và (ii) nêu trên đại diện cho hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng, sol. B trong công thức (iii) nêu trên đại diện cho lượng B hòa tan (% khối lượng), và N_{AIN} trong công thức (iv) nêu trên đại diện cho lượng N (% khối lượng) có mặt dưới dạng AlN.

7. Tấm thép cán nóng theo điểm 6, trong đó thành phần hóa học chứa, thay thế cho một phần của Fe, theo % khối lượng,

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

1/1

Fig.1

