



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

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

(11)



1-0044988

(51)^{2020.01} C22C 38/00; C21D 9/46; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/60; C21D 8/12

(21) 1-2021-05674

(22) 20/03/2019

(86) PCT/JP2019/011663 20/03/2019

(87) WO2020/188783 A1 24/09/2020

(45) 25/04/2025 445

(43) 27/12/2021 405A

(71) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) ICHIE Takeru (JP); TAKAHASHI Masaru (JP); MURAKAMI Fuminobu (JP);
MATSUI Shinichi (JP); YAMAMOTO Masahiro (JP).

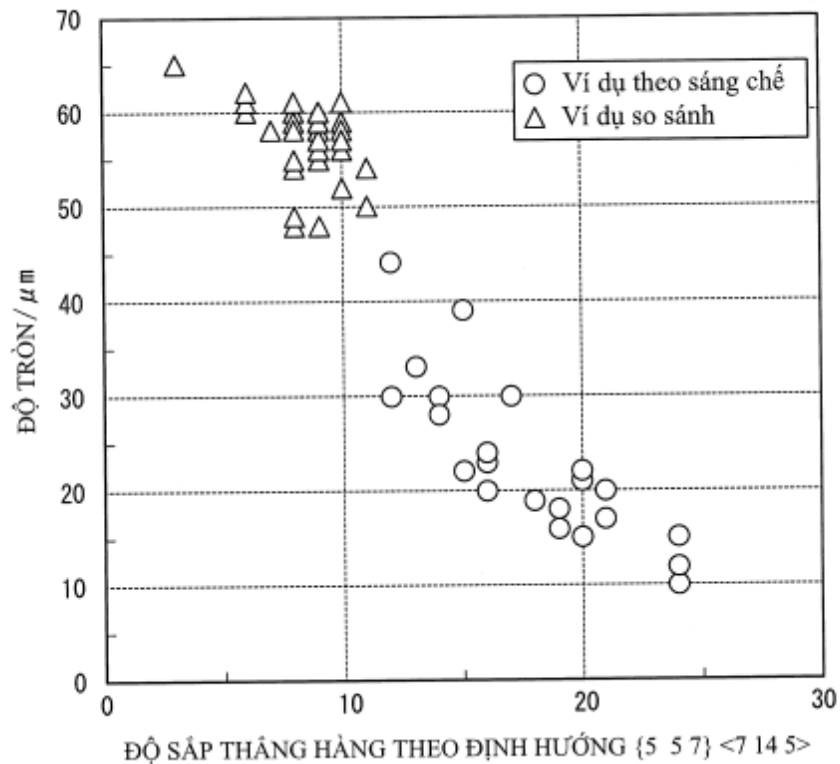
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

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

(21) 1-2021-05674

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng bao gồm tấm thép silic và lớp phủ cách điện. Tấm thép silic chứa các thành phần hóa học Si, Al, và Mn, và độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic nằm trong khoảng từ 12 đến 35.

FIG. 4



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ và khả năng đột dập rất tốt và phương pháp sản xuất của tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, đặc biệt là trong lĩnh vực thiết bị điện như các máy điện quay, các máy biến áp kích thước nhỏ và trung bình, và các linh kiện điện, rất có nhu cầu tăng hiệu suất và giảm kích thước đối với động cơ, vì phong trào bảo tồn môi trường toàn cầu được thể hiện bởi giảm điện năng toàn cầu, tiết kiệm năng lượng, và giảm phát xạ CO₂. Theo tình hình xã hội, cần phải cải thiện đặc tính đối với tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm các vật liệu lõi động cơ.

Chẳng hạn, trong lĩnh vực ô tô, tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm lõi của động cơ dẫn động cho các xe hybrid dẫn động (Hybrid Electric Vehicle, HEV) và loại xe tương tự. Hơn nữa, có nhu cầu giảm kích thước của động cơ dẫn động được sử dụng trong HEV để tiết kiệm không gian lắp đặt và giảm tiêu thụ nhiên liệu bằng cách giảm trọng lượng.

Để giảm kích thước của động cơ dẫn động, cần tăng mômen quay của động cơ. Vì vậy, cần phải cải thiện hơn nữa mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng. Hơn nữa, vì dung lượng ắc quy mà có thể được gắn trên xe ô tô bị giới hạn, cần phải giảm tổn thất điện năng trong động cơ. Vì vậy, cần phải giảm hơn nữa tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng.

Ngoài ra, trong số các lõi động cơ sử dụng tấm thép điện không định hướng, chẳng hạn, có một "lõi tách". Trong lõi tách, dây quấn được quấn xung quanh lõi được chia thành các răng riêng rẽ, và sau đó các lõi được lắp ráp để thành dạng cuối cùng của lõi stato.

Lõi tách thường được sử dụng cho lõi có hình dạng phức tạp, và hình dạng của chúng cần có độ chính xác cao đặc biệt. Tuy nhiên, tấm thép điện được xử lý nhiệt đủ để làm thô các hạt để làm giảm tổn hao do sắt trở nên mềm, và do đó, độ chính xác hình dạng có thể kém đi khi bộ phận này (phôi của tấm thép) được đột dập.

Khi độ chính xác hình dạng kém đi, chẳng hạn, các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 bộc lộ kỹ thuật để cải thiện độ chính xác đột dập bằng cách hóa cứng tấm thép hoặc bằng cách tinh luyện các hạt. Tuy nhiên, bằng cách kỹ thuật nêu trên, độ chính xác đột dập có thể được cải thiện, nhưng các đặc tính từ như mật độ từ thông và tổn hao do sắt có thể không đáp ứng đủ nhu cầu của những năm gần đây.

Tài liệu trích dẫn

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn quốc tế PCT số WO2003/002777

Tài liệu sáng chế 2: Công bố lần thứ nhất của đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2003-197414

Tài liệu sáng chế 3: Công bố lần thứ nhất của đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2004-152791

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

Trong các kỹ thuật thông thường, kỹ thuật cải thiện đồng thời cả độ chính xác đột dập và các đặc tính từ đã được thiết lập. Nếu có thể cải thiện đồng thời cả độ chính xác đột dập và các đặc tính từ đối với tấm thép điện không định hướng được sử dụng cho lõi tách, có thể đáp ứng các yêu cầu đối với động cơ để tăng hiệu suất và giảm kích thước.

Mục đích của sáng chế là cải thiện đồng thời cả độ chính xác đột dập (khả năng đột dập) và các đặc tính từ đối với lõi tách. Cụ thể, mục đích của sáng chế là cải thiện đồng thời cả khả năng đột dập và các đặc tính từ theo hai hướng gồm hướng cán và hướng ngang đối với lõi động cơ. Cụ thể là, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng có khả năng đột dập và các đặc tính từ rất tốt, và phương pháp sản xuất của chúng.

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu kỹ lưỡng để giải quyết các tình trạng nêu trên. Kết quả đã phát hiện ra rằng, khi độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép nền được gia tăng, có thể cải thiện cả khả năng đột dập và các đặc tính từ.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu kỹ lưỡng về các điều kiện để gia tăng độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, khi tỷ lệ của cấu trúc tái kết tinh và cấu trúc không tái kết tinh trong tấm thép trước khi cán nguội được kiểm soát bằng cách kiểm soát mỗi quá trình, có thể gia tăng độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày sau quá trình cán nguội và ủ cuối cùng tiếp theo.

Các khía cạnh của sáng chế như sau.

(1) Tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh của sáng chế, trong đó tấm thép này bao gồm tấm thép silic và lớp phủ cách điện, khác biệt ở chỗ:

tấm thép silic chứa, làm thành phần hóa học, % khối lượng,

Si với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%,

Al với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%,

Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%,

C với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

P với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%,

S với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

N với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

B với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%,

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,00%,

kim loại đất hiếm (Rare Earth Metal, REM) với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%, và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất, và

độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic nằm trong khoảng từ 12 đến 35.

(2) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục (1), tấm thép silic có thể chứa, làm thành phần hóa học, % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%,

REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%, và

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%.

(3) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2), độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ có thể nằm trong khoảng từ 18 đến 35.

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh của sáng chế dùng để sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), và phương pháp này có thể bao gồm quá trình đúc, quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, quá trình ủ cuối cùng, và quá trình hình thành lớp phủ, trong đó:

trong quá trình đúc, phôi tấm được đúc, phôi tấm này chứa, làm thành phần hóa học, % khối lượng:

Si với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%,

Al với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%,

Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%,

C với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

P với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%,

S với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

N với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

B với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%,

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,00%,

REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%, và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất,

trong quá trình cán nóng, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm trước khi cán nóng nằm trong khoảng từ 1000 đến 1300°C, nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C, mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng nằm trong khoảng từ 98 đến 99,5%, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ sau khi kết thúc quá trình cán nóng đến nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 80 đến 200°C/giây,

trong quá trình bảo toàn nhiệt, nhiệt độ bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 700 đến 850°C và thời gian bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 10 đến 180 phút,

trước quá trình cán nguội, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích,

trong quá trình cán nguội, mức giảm tích lũy của quá trình cán nguội nằm trong khoảng từ 80 đến 95%, và

trong quá trình ủ cuối cùng, tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C nằm trong khoảng từ 5 đến 50°C/giây, tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng được thay đổi đến tốc độ gia nhiệt nhanh hơn tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C và nằm trong khoảng từ 20 đến 100°C/giây, và nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng là cao hơn hoặc bằng nhiệt độ kết tinh lại.

Tác dụng của sáng chế

Theo các khía cạnh nêu trên của sáng chế, có thể tạo ra tấm thép điện không định hướng có cả khả năng đột dập và các đặc tính từ rất tốt theo hai hướng gồm hướng cán và hướng ngang đối với lõi tách, và phương pháp sản xuất của chúng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình minh họa mặt cắt ngang của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ công nghệ minh họa phương pháp sản xuất đối với tấm thép điện không định hướng theo phương án này.

Fig.3 là hình minh họa thể hiện một ví dụ về lõi động cơ.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ và độ tròn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, phương án được ưu tiên của sáng chế được mô tả chi tiết. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn chỉ ở cấu trúc được bộc lộ trong phương án này, và các biến thể khác có thể xảy ra mà không đi trệch khỏi khía cạnh của sáng chế. Ngoài ra, phạm vi giới hạn như được mô tả dưới đây bao gồm giới hạn dưới và giới hạn trên của nó. Tuy nhiên, giá trị được biểu hiện bởi cụm từ “lớn hơn” hoặc “nhỏ hơn” không bao gồm trong phạm vi giới hạn. “%” của lượng của các nguyên tố tương ứng biểu thị “% khối lượng”.

Tấm thép điện không định hướng theo phương án này bao gồm tấm thép silic là tấm thép nền và lớp phủ cách điện. Fig.1 là hình minh họa mặt cắt ngang của tấm thép điện không định hướng theo phương án này. Tấm thép điện không định hướng 1 theo phương án này bao gồm tấm thép silic 3 và lớp phủ cách điện 5 khi quan sát mặt cắt ngang có hướng cắt song song với hướng chiều dày. Ngoài ra, theo phương án này, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic lớn hơn hoặc bằng 12.

Cấu trúc của tấm thép silic

Theo phương án này, cần phải kiểm soát độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic để lớn hơn hoặc bằng 12.

Theo phương án này, chẳng hạn, định hướng $\{1\ 1\ 1\} \langle 1\ 1\ 2 \rangle$, định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$, và định hướng tương tự tương ứng với định hướng bao gồm các định hướng trong vòng $\pm 5^\circ$, về chỉ số Miller của hướng vuông góc với bề mặt cán (hướng pháp tuyến) và chỉ số Miller của hướng song song với hướng cán (hướng trong mặt phẳng).

Định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ là định hướng tương đối gần với định hướng $\{1\ 1\ 1\}$, điều này là thuận lợi để cải thiện độ chính xác đột dập. Ngoài ra, định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ là định hướng tương đối gần với định hướng $\{4\ 1\ 1\} \langle 1\ 4\ 8 \rangle$, điều này là thuận lợi để cải thiện các đặc tính từ. Do đó, khi độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic tăng, có thể cải thiện cả khả năng đột dập và các đặc tính từ.

Khi độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ lớn hơn hoặc bằng 12, có thể cải thiện cả khả năng đột dập và các đặc tính từ. Độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 15, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 18. Mặt khác, vì được ưu tiên khi độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ càng cao càng tốt, giới hạn trên của nó không bị giới hạn đặc biệt. Tuy nhiên, vì về cơ bản là khó kiểm soát độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ để lớn hơn 35, giới hạn trên của nó có thể nhỏ hơn hoặc bằng 35. Giới hạn trên của nó có thể nhỏ hơn hoặc bằng 30, và có thể nhỏ hơn hoặc bằng 25.

Việc kiểm soát để tăng độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic được giải thích dưới đây.

Độ sắp thẳng hàng của định hướng tinh thể có thể được đo bằng phương pháp sau đây. Khi t là chiều dày của tấm thép silic, vùng trung tâm được cho là vị trí $1/2\ t$ từ bề mặt của tấm thép silic dọc theo hướng chiều dày. Mẫu với kích thước khoảng $30\text{mm} \times 30\text{mm}$ được cắt ra từ tấm thép, tấm bề mặt của mẫu được đánh bóng cơ học để giảm chiều dày của mẫu, và do đó lộ ra vùng trung tâm. Bề mặt lộ ra được đánh bóng hóa học hoặc đánh bóng điện phân để loại bỏ biến dạng, và do đó thu được mẫu đo.

Phép nhiễu xạ tia X được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu đo, và thu được các hình vẽ cực của mặt phẳng $\{2\ 0\ 0\}$, mặt phẳng $\{1\ 1\ 0\}$, và mặt phẳng $\{2\ 1\ 1\}$. Từ các hình vẽ cực nêu trên, thu được hàm xác định định hướng (orientation determination function, ODF) của vùng trung tâm. Dựa trên hàm xác định định hướng, thu được độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$.

Thành phần hóa học của tấm thép silic

Theo phương án này, tấm thép silic chứa, làm thành phần hóa học, các nguyên tố cơ bản, các nguyên tố tùy ý nếu cần, và phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất. “%” liên quan đến thành phần hóa học biểu thị “% khối lượng”.

Theo phương án này, Si, Al, và Mn là các nguyên tố cơ bản (các nguyên tố hợp kim chính) trong thành phần hóa học của tấm thép silic.

Si với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%

Si (silic) là nguyên tố làm giảm mật độ từ thông, giảm khả năng gia công cắt gọt trong quá trình sản xuất bằng cách hóa cứng tấm thép, và giảm khả năng đột dập. Mặt khác, Si là nguyên tố làm giảm tổn hao do dòng xoáy bằng cách tăng điện trở của tấm thép, và do đó làm giảm tổn hao do sắt.

Khi hàm lượng Si lớn hơn 3,50%, mật độ từ thông và khả năng đột dập kém đi quá mức, và chi phí sản xuất tăng. Vì vậy, hàm lượng Si cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 3,50%. Tốt hơn là, hàm lượng Si nhỏ hơn hoặc bằng 3,20%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%. Mặt khác, khi hàm lượng Si nhỏ hơn 0,01%, điện trở của tấm thép không tăng, và tổn hao do sắt không giảm. Vì vậy, hàm lượng Si cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Tốt hơn là, hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 0,10%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,50%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,00%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,10%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,30%

Al với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%

Al (nhôm) là nguyên tố không thể tránh được được chứa trong quặng và các chất chịu lửa, và cũng được sử dụng để khử oxy. Cũng như Si, Al (nhôm) là nguyên tố có tác dụng làm giảm tổn hao do dòng xoáy bằng cách tăng điện trở, và do đó làm giảm tổn hao do sắt.

Khi hàm lượng Al nhỏ hơn 0,001%, sự khử oxy trở nên không đủ, điện trở của tấm thép không tăng, và tổn hao do sắt không giảm. Vì vậy, hàm lượng Al cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,001%. Hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,010%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,050%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,50%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,60%.

Mặt khác, khi hàm lượng Al lớn hơn 2,500%, mật độ từ thông giảm vì mật độ từ thông bão hòa giảm. Vì vậy, hàm lượng Al cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 2,500%. Hàm lượng Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,000%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,600%.

Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%

Mn (mangan) là nguyên tố có tác dụng làm giảm tổn hao do dòng xoáy bằng cách tăng điện trở và ngăn chặn sự hình thành của cấu trúc $\{111\} \langle 112 \rangle$ không mong muốn đối với các đặc tính từ.

Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,01%, sẽ không thu được đủ tác dụng bổ sung. Vì vậy, hàm lượng Mn cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Hàm lượng Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,15%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,40%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn 0,60%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,70%. Mặt khác, khi hàm lượng Mn lớn hơn 3,00%, sự phát triển hạt trong quá trình ủ bị ngăn chặn, và tổn hao do sắt xấu đi. Vì vậy, hàm lượng Mn cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%. Hàm lượng Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,50%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%.

Theo phương án này, tấm thép silic chứa các tạp chất dưới dạng thành phần hóa học. Các tạp chất tương ứng với các nguyên tố bị nhiễm bẩn trong quá trình sản xuất công nghiệp của thép từ quặng và phế liệu được sử dụng làm nguyên liệu thô của thép, hoặc từ môi trường của quá trình sản xuất. Chẳng hạn, các tạp chất là các nguyên tố như C, P, S, N, và B. Được ưu tiên là các tạp chất được hạn chế như sau để đạt được đủ các tác dụng của phương án này. Hơn nữa, vì được ưu tiên là lượng của các tạp chất tương ứng thấp, không cần giới hạn giới hạn dưới của các tạp chất tương ứng, và giới hạn dưới có thể bằng 0%.

C với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

C (cacbon) là nguyên tố tạp chất làm xấu đi tổn hao do sắt và gây ra sự già hóa từ. Được ưu tiên là hàm lượng C càng thấp càng tốt, và vì vậy, hàm lượng C cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Giới hạn dưới của C hàm lượng không bị giới hạn đặc biệt. Khi xét đến công nghệ tinh chế trong công nghiệp, trong thực tế giới hạn dưới của nó có thể bằng 0,0001%. Khi xét đến chi phí sản xuất, giới hạn dưới của nó tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

P với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%

Mặc dù P (phospho) có thể góp phần cải thiện độ bền kéo mà không làm giảm mật độ từ thông, P là nguyên tố tạp chất làm giòn tấm thép. Khi hàm lượng P lớn hơn 0,180%, độ dai bị xấu đi, và tấm thép có xu hướng bị gãy. Vì vậy, hàm lượng P cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%.

Được ưu tiên là hàm lượng P càng thấp càng tốt để ngăn chặn sự đứt gãy của tấm thép. Hàm lượng P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,120%. Giới hạn dưới của hàm lượng P không bị giới hạn đặc biệt. Khi xét đến công nghệ tinh chế trong công nghiệp, trong thực tế giới hạn dưới của nó có thể bằng 0,0001%. Khi xét đến chi phí sản xuất, giới hạn dưới của nó tốt hơn là bằng 0,001%. S với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%

S (lưu huỳnh) là nguyên tố tạp chất tạo ra các sulfua mịn như MnS, và vì vậy, ngăn chặn sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng. Khi hàm lượng S lớn hơn 0,003%, sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị ngăn chặn đáng kể. Vì vậy, hàm lượng S cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%. Được ưu tiên là hàm lượng S càng thấp càng tốt. Hàm lượng S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,001%.

Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn đặc biệt. Khi xét đến công nghệ tinh chế trong công nghiệp, trong thực tế giới hạn dưới của nó có thể bằng 0,0001%. Khi xét đến chi phí sản xuất, giới hạn dưới của nó tốt hơn là bằng 0,0005%.

N với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%

N (nitơ) là nguyên tố tạp chất làm xấu đi tổn hao do sắt bằng cách tạo ra các chất kết tủa. Khi hàm lượng N lớn hơn 0,003%, tổn hao do sắt bị xấu đi quá mức. Vì vậy, hàm lượng N cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%. Hàm lượng N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,001%. Giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn đặc biệt. Khi xét đến công nghệ tinh chế trong công nghiệp, trong thực tế giới hạn dưới của nó có thể bằng 0,0001%. Khi xét đến chi phí sản xuất, giới hạn dưới của nó tốt hơn là bằng 0,0005%.

B với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%

B (bo) là nguyên tố tạp chất làm xấu đi tổn hao do sắt bằng cách tạo ra các chất kết tủa. Khi hàm lượng B lớn hơn 0,002%, tổn hao do sắt bị xấu đi quá mức. Vì vậy, hàm lượng B cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%. Hàm lượng B tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,001%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%. Giới hạn dưới của hàm lượng B không bị giới hạn đặc biệt. Khi xét đến công nghệ tinh chế trong công nghiệp, trong thực tế giới hạn dưới của nó có thể bằng 0,0001%. Khi xét đến chi phí sản xuất, giới hạn dưới của nó tốt hơn là bằng 0,0005%.

Theo phương án này, tấm thép silic có thể chứa nguyên tố tùy ý ngoài các nguyên tố cơ bản và các tạp chất đã mô tả ở trên. Chẳng hạn, để thay thế một phần của Fe là phần còn lại đã mô tả ở trên, dưới dạng nguyên tố tùy ý, tấm thép có thể chứa Sb, Sn, Cu, REM, Ca, và Mg. Các nguyên tố tùy ý này có thể được chứa nếu cần. Vì vậy, không cần giới hạn giới hạn dưới của nguyên tố tùy ý, và giới hạn dưới có thể bằng 0%. Hơn nữa, ngay cả khi nguyên tố tùy ý có thể được chứa dưới dạng các tạp chất, các tác dụng nêu trên không bị ảnh hưởng.

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%

Sb (antimon) là nguyên tố ngăn chặn sự nitro hóa bề mặt của tấm thép, và góp phần cải thiện tổn hao do sắt. Khi hàm lượng Sb lớn hơn 0,05%, độ dai của thép bị kém đi. Vì vậy, hàm lượng Sb cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%. Hàm lượng Sb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%. Giới hạn dưới của hàm lượng Sb không bị giới hạn đặc biệt, và có thể bằng 0%. Tốt hơn là, hàm lượng Sb có thể lớn hơn hoặc bằng 0,001% để thu được các tác dụng nêu trên.

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,20%

Sn (thiếc) là nguyên tố ngăn chặn sự nitro hóa bề mặt của tấm thép, và góp phần cải thiện tổn hao do sắt. Khi hàm lượng Sn lớn hơn 0,20%, độ dai của thép bị kém đi, và lớp phủ cách điện có xu hướng bị tách ra. Vì vậy, hàm lượng Sn cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%. Hàm lượng Sn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Giới hạn dưới của hàm lượng Sn không bị giới hạn đặc biệt, và có thể bằng 0%. Tốt hơn là, hàm lượng Sn có thể lớn hơn hoặc bằng 0,01% để thu được các tác dụng nêu trên. Hàm lượng Sn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,04%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,08%.

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,00%

Cu (đồng) là nguyên tố có các tác dụng ngăn chặn sự hình thành của cấu trúc {111} <112> không mong muốn đối với các đặc tính từ, ngăn chặn sự oxy hóa của bề mặt tấm thép, và kiểm soát sự phát triển hạt để đồng đều. Khi hàm lượng Cu vượt quá 1,00%, các tác dụng bổ sung bị bão hòa, sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị ngăn chặn, khả năng gia công cắt gọt của tấm thép bị kém đi, và tấm thép trở nên giòn trong quá trình cán nguội. Vì vậy, hàm lượng Cu cần phải nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%. Hàm lượng Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,60% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng

0,40%. Giới hạn dưới của hàm lượng Cu không bị giới hạn đặc biệt, và có thể bằng 0%. Tốt hơn là, hàm lượng Cu có thể lớn hơn hoặc bằng 0,10% để thu được các tác dụng nêu trên. Hàm lượng Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,20% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,30%.

REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%

REM (kim loại đất hiếm, Rare Earth Metal), Ca (canxi), và Mg (magie) là các nguyên tố có tác dụng cố định S dưới dạng sulfua hoặc các oxysulfua, ngăn chặn sự kết tủa mịn của MnS và tương tự, và thúc đẩy sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng.

Khi REM, Ca, và Mg vượt quá 0,0400%, các sulfua hoặc các oxysulfua được hình thành quá mức, và sự kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng bị ngăn chặn. Vì vậy, hàm lượng REM, hàm lượng Ca, và hàm lượng Mg cần nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400% tương ứng. Các hàm lượng tương ứng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0300% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0200%.

Các giới hạn dưới của hàm lượng REM, hàm lượng Ca, và hàm lượng Mg không bị giới hạn cụ thể, và có thể bằng 0%. Tốt hơn là, hàm lượng REM, hàm lượng Ca, và hàm lượng Mg có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0005% để thu được các tác dụng nêu trên. Các hàm lượng tương ứng tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0050%.

Ở đây, REM chỉ ra tổng cộng 17 nguyên tố gồm Sc, Y và họ lantan, và là ít nhất một chất trong số chúng. Hàm lượng REM nêu trên tương ứng với tổng hàm lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố này. Trong công nghiệp, kim loại hiếm được bổ sung dưới dạng họ lantan.

Theo phương án này, được ưu tiên là tấm thép silic chứa, làm thành phần hóa học, % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có: Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05%, Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,20%, Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%, REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%, Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ

0,0005 đến 0,0400%, hoặc Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%.

Thành phần thép như được mô tả ở trên có thể được đo bằng các phương pháp phân tích thông thường đối với thép. Chẳng hạn, thành phần thép có thể được đo bằng cách sử dụng phổ kế phát xạ nguyên tử plasma ghép nối cảm ứng (Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometer, ICP-AES). Ngoài ra, C và S có thể được đo bằng phương pháp hấp thụ hồng ngoại sau khi đốt cháy, N có thể được đo bằng phương pháp đo độ dẫn nhiệt sau khi nóng chảy trong dòng khí trơ, và O có thể được đo bằng, chẳng hạn, phương pháp hấp thụ hồng ngoại không tán sắc sau khi nóng chảy trong dòng khí trơ.

Thành phần hóa học nêu trên là thành phần hóa học của tấm thép silic. Khi tấm thép điện không định hướng cần làm mẫu đo có lớp phủ cách điện và tương tự trên bề mặt, thành phần hóa học nêu trên thu được sau khi loại bỏ lớp phủ.

Là phương pháp loại bỏ lớp phủ cách điện và tương tự của tấm thép điện không định hướng, chẳng hạn, phương pháp sau đây được lấy ví dụ. Trước tiên, tấm thép điện không định hướng có lớp phủ cách điện và tương tự được nhúng chìm trong dung dịch natri hydroxit trong nước, dung dịch axit sulfuric trong nước, và dung dịch axit nitric trong nước theo thứ tự này. Tấm thép sau khi nhúng chìm được rửa. Cuối cùng, tấm thép được làm khô bằng không khí nóng. Do đó, có thể thu được tấm thép silic mà lớp phủ cách điện được loại bỏ ra khỏi đó.

Các đặc tính từ của tấm thép điện

Được ưu tiên là tấm thép điện không định hướng theo phương án này thể hiện các đặc tính từ rất tốt liên quan đến hai hướng là hướng cán và hướng ngang (hướng vuông góc với hướng cán) đối với lõi tách. Vì vậy, khi mật độ từ thông B_{50} được xác định là giá trị trung bình của mật độ từ thông theo hướng cán và mật độ từ thông theo hướng ngang trong các điều kiện sao cho tấm thép được kích thích dưới cường độ từ trường bằng 5000A/m, và khi mật độ từ thông bão hòa B_s được xác định là giá trị trung bình của mật độ từ thông bão hòa của hướng cán và mật độ từ thông bão hòa của hướng ngang, được ưu tiên là tỷ lệ B_{50}/B_s của mật độ từ thông B_{50} với mật độ từ thông bão hòa B_s lớn hơn hoặc bằng 0,82.

Tỷ lệ B_{50}/B_s tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,84, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,86, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,90. Mặt khác, vì mật độ từ thông bão

hòa B_s là mật độ từ thông cực đại thu được khi từ trường cực đại được sử dụng, giá trị cực đại của tỷ lệ B_{50}/B_s bằng 1. Giới hạn trên của tỷ lệ B_{50}/B_s không bị giới hạn đặc biệt, và có thể bằng 1,00. Tỷ lệ B_{50}/B_s tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,98.

Định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ được kiểm soát theo phương án này là định hướng tương đối gần với định hướng $\{4\ 1\ 1\} \langle 1\ 4\ 8 \rangle$, và định hướng $\{4\ 1\ 1\} \langle 1\ 4\ 8 \rangle$ là định hướng tương đối gần với định hướng $\{1\ 0\ 0\} \langle 0\ 1\ 2 \rangle$ cải thiện mật độ từ thông B_{50} của hướng cán và hướng ngang. Vì vậy, có vẻ như các đặc tính từ theo hai hướng gồm hướng cán và hướng ngang được cải thiện theo phương án này.

Các đặc tính từ của tấm thép điện có thể được đo bằng, chẳng hạn, máy kiểm tra tấm đơn (single sheet tester, SST). Cụ thể là, mật độ từ thông B_{50} có thể thu được bằng cách đo các mật độ từ thông theo đơn vị T (tesla) theo hướng cán và theo hướng ngang khi tấm thép được kích thích trong điều kiện cường độ từ trường bằng 5000A/m. Theo cách tương tự, mật độ từ thông bão hòa B_s có thể thu được bằng cách đo các mật độ từ thông theo đơn vị T (tesla) theo hướng cán và theo hướng ngang khi tấm thép được kích thích trong điều kiện từ trường cực đại.

Khả năng đột dập của tấm thép điện

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ được làm cho tăng lên, và do đó, độ chính xác đột dập được cải thiện. Chẳng hạn, khi quá trình đột dập hình tròn được thực hiện, thì độ tròn của mẫu đột dập được cải thiện.

Ở đây, độ tròn có thể được đánh giá bằng mức chênh lệch giữa bán kính cực đại và bán kính cực tiểu của mẫu đột dập hình tròn. Chẳng hạn, mẫu hình tròn có bán kính bằng 200mm được đột dập, bán kính cực đại và bán kính cực tiểu của mẫu đột dập được đo, và sau đó, mức chênh lệch có thể được đánh giá.

Theo phương án này, độ tròn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $45\mu\text{m}$, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $40\mu\text{m}$. Mặt khác, giới hạn dưới của độ tròn không bị giới hạn đặc biệt. Tuy nhiên, vì về cơ bản là khó kiểm soát độ tròn để nhỏ hơn $5\mu\text{m}$, giới hạn dưới của nó có thể bằng $5\mu\text{m}$.

Được giải thích ở trên, theo phương án này, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày được làm cho tăng lên so với tấm thép thông thường, và do đó, khả năng đột dập được cải thiện. Cơ chế để cải

thiện khả năng đột dập được cho là như sau.

Định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ được kiểm soát theo phương án này là định hướng tương đối gần với định hướng $\{1\ 1\ 1\} \langle 1\ 1\ 2 \rangle$. Theo định hướng $\{1\ 1\ 1\}$, tính dị hướng độ cứng theo toàn bộ hướng chu vi là nhỏ, và vì vậy, biến dạng tại đó tấm thép được kéo căng bằng cách đột dập gần như bằng nhau trên toàn bộ hướng chu vi. Do đó, cho rằng, khi độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ được làm cho tăng lên, khả năng đột dập được cải thiện.

Các đặc điểm khác của tấm thép điện

Chiều dày của tấm thép silic có thể được điều chỉnh thích hợp phụ thuộc vào mục đích sử dụng và tương tự, và không bị giới hạn đặc biệt. Từ quan điểm sản xuất, chiều dày của tấm thép silic tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,10mm, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,15mm. Mặt khác, chiều dày của tấm thép silic tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50mm, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,35mm.

Tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể có lớp phủ cách điện trên bề mặt của tấm thép silic. Loại của lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt, và có thể được chọn phụ thuộc vào mục đích sử dụng và tương tự từ lớp phủ đã biết.

Chẳng hạn, lớp phủ cách điện có thể hoặc là lớp phủ hữu cơ hoặc lớp phủ vô cơ. Các ví dụ về lớp phủ hữu cơ bao gồm: các nhựa polyamin; các nhựa acrylic; các nhựa acrylic styren; các nhựa alkyt; các nhựa polyeste; các nhựa silicon; các nhựa flocacbon; các nhựa polyolefin; các nhựa styren; các nhựa vinyl axetat; các nhựa epoxy; các nhựa phenolic; các nhựa uretan; các nhựa melamin; và các nhựa tương tự.

Các ví dụ về lớp phủ vô cơ bao gồm: các lớp phủ trên cơ sở phosphat; các lớp phủ trên cơ sở nhôm phosphat; và lớp phủ tương tự. Hơn nữa, lớp phủ composit hữu cơ vô cơ chứa nhựa nêu trên được bao gồm. Chiều dày của lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 2 μ m là chiều dày trung bình ở mỗi một phía.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất đối với tấm thép điện không định hướng theo phương án được giải thích.

Fig.2 là sơ đồ công nghệ minh họa phương pháp sản xuất đối với tấm thép điện không định hướng theo phương án này. Theo phương án này, tấm thép silic thu được

bằng cách đúc thép nóng chảy với thành phần đã được điều chỉnh, bằng cách được cán nóng, bằng cách được xử lý bảo toàn nhiệt trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng, bằng cách được tẩy gỉ, bằng cách được cán nguội, và sau đó bằng cách được ủ cuối cùng. Hơn nữa, tấm thép điện không định hướng thu được bằng cách tạo ra lớp phủ cách điện trên tấm thép silic.

Theo phương án này, tỷ lệ của cấu trúc tái kết tinh và cấu trúc không tái kết tinh trong tấm thép trước khi cán nguội (phân đoạn của các hạt không kết tinh lại) được kiểm soát bằng cách kiểm soát mỗi quá trình, và sau đó, độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic được làm cho tăng lên bằng cách kiểm soát quá trình cán nguội và ủ cuối cùng.

Chẳng hạn, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội không phải là dấu hiệu kỹ thuật có thể được kiểm soát bởi một điều kiện trong một quá trình, nhưng là dấu hiệu kỹ thuật có thể được kiểm soát bởi mỗi điều kiện của mỗi quá trình mà hoàn toàn ảnh hưởng lẫn nhau. Các điều kiện này là thành phần thép, nhiệt độ của quá trình cán nóng, mức giảm của quá trình cán nóng, các điều kiện làm nguội sau khi cán nóng, và tương tự.

Cụ thể là,

hàm lượng Si trong thành phần thép là yếu tố ảnh hưởng đến việc liệu pha cấu thành của cấu trúc thép có trở thành pha α và/hoặc pha γ ở nhiệt độ cán nóng hay không. Khi hàm lượng Si trở nên cao hơn trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên lớn hơn.

Hàm lượng Al của chế phẩm thép là yếu tố ảnh hưởng đến việc liệu pha cấu thành của cấu trúc thép có trở thành pha α và/hoặc pha γ ở nhiệt độ cán nóng hay không. Khi hàm lượng Al trở nên cao hơn trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên lớn hơn.

Hàm lượng Mn của chế phẩm thép là yếu tố ảnh hưởng đến lượng của MnS tạo ra ảnh hưởng đến động lực của quá trình kết tinh lại. Khi hàm lượng Mn trở nên cao hơn trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên lớn hơn.

Nhiệt độ của quá trình cán nóng, cụ thể là nhiệt độ gia nhiệt thổi tấm trước khi cán nóng, là yếu tố ảnh hưởng đến việc liệu pha cấu thành của cấu trúc thép có trở thành

pha α và/hoặc pha γ hay không, và yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi nhiệt độ gia nhiệt thổi tắt trước khi cán nóng trở nên cao hơn nằm trong khoảng từ 1000 đến 1300°C, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên lớn hơn.

Nhiệt độ của quá trình cán nóng, cụ thể là nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng, là yếu tố ảnh hưởng đến việc liệu pha cấu thành của cấu trúc thép có trở thành pha α và/hoặc pha γ hay không, và yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng trở nên cao hơn nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên nhỏ hơn.

Mức giảm của quá trình cán nóng là yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng trở nên lớn hơn nằm trong khoảng từ 98 đến 99,5%, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên nhỏ hơn.

Các điều kiện làm nguội sau khi cán nóng, cụ thể là tốc độ làm nguội từ nhiệt độ sau khi kết thúc quá trình cán nóng đến nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt là yếu tố ảnh hưởng đến sự phục hồi và sự kết tinh lại của cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ nêu trên trở nên nhanh hơn nằm trong khoảng từ 80 đến 200°C/giây, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên lớn hơn.

Các điều kiện làm nguội sau khi cán nóng, cụ thể là nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt cũng là yếu tố ảnh hưởng đến sự phục hồi và sự kết tinh lại của cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt trở nên cao hơn nằm trong khoảng từ 700 đến 850°C, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên nhỏ hơn.

Các điều kiện làm nguội sau khi cán nóng, cụ thể là thời gian bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt cũng là yếu tố ảnh hưởng đến sự phục hồi và sự kết tinh lại của cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nóng. Khi thời gian bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt trở nên dài hơn nằm trong khoảng từ 10 đến 180 phút, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội trở nên nhỏ hơn.

Theo phương án này, cấu trúc thép được tạo ra bằng cách kiểm soát theo cách có

chủ đích, toàn diện và không tách rời mỗi điều kiện đã giải thích ở trên, để kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội đến nằm trong khoảng từ 1/10 đến 1/5 trong cấu trúc vi mô, cụ thể là để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích.

Tiếp theo, tấm thép trong đó phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi quá trình cán nguội được kiểm soát được đưa đi cán nguội và ủ cuối cùng, để kiểm soát các hạt được định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ sẽ được ưu tiên kết tinh lại.

Chẳng hạn, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ không phải là dấu hiệu kỹ thuật có thể được kiểm soát bởi một điều kiện trong một quá trình, nhưng là dấu hiệu kỹ thuật có thể được kiểm soát bởi mỗi điều kiện của mỗi quá trình mà hoàn toàn ảnh hưởng lẫn nhau. Các điều kiện là phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội, mức giảm của quá trình cán nguội, tốc độ gia nhiệt của quá trình ủ cuối cùng, và điều kiện tương tự.

Cụ thể là,

mức giảm của quá trình cán nguội là yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nguội. Cấu trúc biến dạng được tạo ra bằng cách cán nguội trở thành cấu trúc cơ bản tại đó các hạt định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ sẽ được kết tinh lại. Khi mức giảm tích lũy của quá trình cán nguội trở nên lớn hơn nằm trong khoảng từ 80 đến 95%, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trở nên nhỏ hơn.

Tốc độ gia nhiệt của quá trình ủ cuối cùng, cụ thể là tốc độ gia nhiệt từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C là yếu tố ảnh hưởng đến sự hình thành của các nhân kết tinh lại của các hạt định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$. Khi tốc độ gia nhiệt trung bình trong khoảng nhiệt độ nêu trên gần trung vị nằm trong khoảng từ 5 đến 50°C/giây, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trở nên lớn hơn.

Tốc độ gia nhiệt của quá trình ủ cuối cùng, cụ thể là tốc độ gia nhiệt từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng là yếu tố ảnh hưởng đến sự phát triển hạt của các hạt định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$. Khi tốc độ gia nhiệt trung bình trong khoảng nhiệt độ nêu trên trở nên nhanh hơn trong khoảng từ 20 đến 100°C/giây, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trở nên lớn hơn.

Theo phương án này, cấu trúc thép được tạo ra bằng cách kiểm soát theo cách có chủ đích, toàn diện và không tách rời được mỗi điều kiện đã giải thích ở trên, để kiểm

soát độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} < 7\ 14\ 5 >$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic để nằm trong khoảng từ 12 đến 35.

Như được giải thích ở trên, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} < 7\ 14\ 5 >$ không phải là dấu hiệu kỹ thuật có thể được kiểm soát bởi một điều kiện trong một quá trình. Độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} < 7\ 14\ 5 >$ là dấu hiệu kỹ thuật có thể được tạo ra chỉ bằng cách kiểm soát các điều kiện của quá trình cán nguội và quá trình ủ cuối cùng ngoài việc kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trước khi cán nguội.

Cụ thể là, phương pháp sản xuất đối với tấm thép điện không định hướng theo phương án này bao gồm quá trình đúc, quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, quá trình ủ cuối cùng, và quá trình hình thành lớp phủ, trong đó:

trong quá trình đúc, phôi tấm được đúc, phôi tấm này bao gồm, làm thành phần hóa học, % khối lượng:

Si với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%,

Al với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%,

Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%,

C với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

P với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%,

S với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

N với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

B với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%,

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,00%,

REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%, và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất,

trong quá trình cán nóng, nhiệt độ gia nhiệt thổi tấm trước khi cán nóng nằm trong khoảng từ 1000 đến 1300°C, nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C, mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng nằm trong khoảng từ 98 đến 99,5%, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ sau khi kết thúc quá trình cán nóng đến nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 80 đến 200°C/giây,

trong quá trình bảo toàn nhiệt, nhiệt độ bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 700 đến 850°C và thời gian bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 10 đến 180 phút,

phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước quá trình cán nguội được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích,

trong quá trình cán nguội, mức giảm tích lũy của quá trình cán nguội nằm trong khoảng từ 80 đến 95%, và

trong quá trình ủ cuối cùng, tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C nằm trong khoảng từ 5 đến 50°C/giây, tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng được thay đổi đến tốc độ gia nhiệt nhanh hơn tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C và nằm trong khoảng từ 20 đến 100°C/giây, và nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng là cao hơn hoặc bằng nhiệt độ kết tinh lại.

Dưới đây, là phương pháp sản xuất được ưu tiên, các quá trình sẽ được mô tả để tạo ra quá trình đúc.

Quá trình đúc

Trong quá trình đúc, thép nóng chảy với thành phần hóa học đã xác định trước có thể có thể được tạo ra bằng lò chuyển hoặc lò điện, và thổi tấm có thể được tạo ra bằng cách sử dụng thép nóng chảy. Phôi tấm có thể được tạo ra bằng cách đúc liên tục. Thỏi có thể được tạo ra bằng cách sử dụng thép nóng chảy, và sau đó, thổi tấm có thể được tạo ra cán thô thổi. Phôi tấm có thể được tạo ra bằng các phương pháp khác. Chiều dày của thổi tấm không bị giới hạn đặc biệt. Chiều dày của thổi tấm có thể nằm trong khoảng từ 150 đến 350mm chẳng hạn. Chiều dày của thổi tấm tốt hơn là nằm trong khoảng từ 220 đến 280mm. Phôi tấm với chiều dày nằm trong khoảng từ 10 đến 70mm

được gọi là phôi tấm mỏng có thể được sử dụng.

Trong quá trình đúc, để kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích, hàm lượng Si của chế phẩm thép được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%, hàm lượng Al được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%, và hàm lượng Mn được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%.

Tốt hơn là, hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 0,10%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,50%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn 2,00%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,10%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,30%. Tốt hơn là, hàm lượng Si nhỏ hơn hoặc bằng 3,20%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%. Hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,010%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,050%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn 0,50%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,60%. Hàm lượng Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,000%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,600%. Hàm lượng Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,15%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,40%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn 0,60%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,70%. Hàm lượng Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,50%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%.

Quá trình cán nóng

Trong quá trình cán nóng, phôi tấm có thể cán nóng bằng máy cán nóng. Máy cán nóng bao gồm, chẳng hạn, máy cán thô và máy cán cuối cùng được bố trí phía sau của máy cán thô. Tấm thép đã được gia nhiệt được cán bằng máy cán thô và sau đó bằng cách máy cán cuối cùng, và do đó, thu được tấm thép cán nóng.

Trong quá trình cán nóng, để kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm trước khi cán nóng được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 1000 đến 1300°C, nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C, mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 98 đến 99,5%, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ sau khi kết thúc quá trình cán nóng đến nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 80 đến 200°C/giây.

Nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1100°C, và tốt hơn nữa

là lớn hơn hoặc bằng 1150°C. Nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1250°C, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1200°C. Nhiệt độ cán cuối cùng tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 850°C. Nhiệt độ cán cuối cùng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 900°C. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100°C/giây, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 120°C/giây. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 180°C/giây, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 150°C/giây.

Ở đây, khi quá trình cán cuối cùng được bắt đầu, chiều dày của tấm thép tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 100mm. Hơn nữa, mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng được xác định như sau.

Mức giảm tích lũy (%) = $(1 - \text{Chiều dày của tấm thép sau khi cán nóng} / \text{Chiều dày của tấm thép trước khi cán nóng}) \times 100$

Quá trình bảo toàn nhiệt

Trong quá trình bảo toàn nhiệt, tấm thép cán nóng được xử lý bảo toàn nhiệt trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Trong quá trình bảo toàn nhiệt, để kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích, nhiệt độ bảo toàn nhiệt được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 700 đến 850°C và thời gian bảo toàn nhiệt được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 180 phút.

Nhiệt độ bảo toàn nhiệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 750°C, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 780°C. Nhiệt độ bảo toàn nhiệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 830°C, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 800°C. Thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 20 phút, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 30 phút, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 40 phút. Thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 150 phút, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 120 phút, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 100 phút.

Quá trình tẩy gỉ

Trong quá trình tẩy gỉ, quá trình tẩy gỉ có thể được thực hiện để loại bỏ gỉ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cán nóng. Các điều kiện để tẩy gỉ tấm thép cán nóng không bị giới hạn cụ thể, và các điều kiện đã biết có thể được sử dụng thích hợp.

Tấm thép trước quá trình cán nguội

Theo phương án này, đối với cấu trúc vi mô của tấm thép sau quá trình đúc, quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, và quá trình tẩy gỉ và trước quá trình cán nguội, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong cấu trúc vi mô được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích.

Một định hướng chính của tấm thép điện không định hướng thông thường là định hướng $\{1\ 1\ 1\} \langle 1\ 1\ 2 \rangle$. Nói chung, cấu trúc vi mô của tấm thép trước khi cán nguội được tạo ra cần được kết tinh lại toàn toàn, biến dạng được tích lũy vào trong cấu trúc vi mô bằng cách cán nguội, các nhân kết tinh lại được tạo ra để hình thành và phát triển từ các biên hạt trong quá trình cán cuối cùng, và do đó, các hạt có định hướng nêu trên được tạo ra. Mặt khác, theo phương án này, lượng đã xác định trước của các hạt không kết tinh lại được tạo ra để giữ nguyên trong cấu trúc vi mô của tấm thép trước khi cán nguội, các điều kiện của quá trình cán nguội và các điều kiện của quá trình ủ cuối cùng được kiểm soát một cách thuận lợi, và do đó, các hạt có định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ được tạo ra một cách có chủ đích.

Khi phân đoạn nêu trên của các hạt không kết tinh lại không thỏa mãn từ 10 đến 20% diện tích, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ khó được kiểm soát cuối cùng. Hơn nữa, khi lượng dư của các hạt không kết tinh lại được bao gồm trong cấu trúc vi mô của tấm thép trước khi cán nguội, các hạt có định hướng $\{4\ 1\ 1\} \langle 1\ 4\ 8 \rangle$ có tác dụng cải thiện các đặc tính từ khó được tạo ra trong cấu trúc vi mô sau khi ủ cuối cùng. Vì vậy, để cải thiện một cách thuận lợi cả các đặc tính từ và khả năng đột dập, tối ưu là kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước quá trình cán nguội để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích.

Theo kỹ thuật thông thường, tấm thép cán nóng sau khi cán nóng được làm nguội đến gần nhiệt độ trong phòng, và sau đó, quá trình ủ tấm thép cán nóng được thực hiện trong các điều kiện sao cho nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ 800 đến 1050°C và thời gian giữ nhỏ hơn hoặc bằng 1 phút bằng cách gia nhiệt lại tấm thép này. Tuy nhiên, trong trường hợp của quá trình ủ tấm thép cán nóng, khó tạo ra cấu trúc tái kết tinh và cấu trúc không tái kết tinh thỏa mãn tỷ lệ nêu trên trong cấu trúc vi mô của tấm thép trước khi cán nguội.

Theo phương án này, để kiểm soát phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội, tấm thép được đưa đi xử lý bảo toàn nhiệt nêu trên trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Hơn nữa, tấm thép sau khi xử lý bảo toàn nhiệt

được làm nguội đến gần nhiệt độ trong phòng, và sau đó, quá trình ủ tấm thép cán nóng không được thực hiện. Kết quả là, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội được kiểm soát một cách thuận lợi, và vì vậy, cuối cùng có thể tăng độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép.

Phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội có thể được đo bằng phương pháp sau đây. Mẫu với kích thước khoảng $25\text{mm} \times 25\text{mm}$ được cắt ra từ tấm thép trước khi cán nguội, tấm bề mặt của mẫu được đánh bóng cơ học, và do đó, chiều dày của tấm thép được giảm đến $1/2$. Bề mặt đã đánh bóng được đánh bóng hóa học hoặc đánh bóng điện phân, và do đó, thu được mẫu đo không bị biến dạng.

Phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong trường nhìn quan sát được có thể thu được từ giá trị định hướng sai trung bình Kernel (Kernel Average Misorientation, KAM) bằng cách thực hiện phép đo nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (Electron Back Scattering Diffraction, EBSD) đối với mẫu đo. Chẳng hạn, hạt có giá trị KAM lớn hơn hoặc bằng 2,0 được cho là các hạt không kết tinh lại trong trường nhìn quan sát được. Các phép đo EBSD có thể được thực hiện trên nhiều mươi vị trí hoặc hơn trong lúc thay đổi trường nhìn được quan sát, và tổng diện tích của trường nhìn được quan sát có thể lớn hơn hoặc bằng $1000000\mu\text{m}^2$.

Như được giải thích ở trên, theo phương án này, được ưu tiên là quá trình ủ tấm thép cán nóng không được thực hiện giữa quá trình cán nóng và quá trình cán nguội. Cụ thể là, theo phương án này, được ưu tiên là quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, quá trình tẩy gỉ, và quá trình cán nguội là các quá trình liên tục. Nói cách khác, được ưu tiên là tấm thép sau quá trình cán nóng được đưa đi xử lý bảo toàn nhiệt, tấm thép sau quá trình bảo toàn nhiệt được đưa đi tẩy gỉ, và tấm thép sau quá trình tẩy gỉ được đưa đi cán nguội.

Quá trình cán nguội

Trong quá trình cán nguội, tấm thép trong đó phân đoạn của các hạt không kết tinh lại được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích được cán nguội. Trong quá trình cán nguội, để kiểm soát độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ để nằm trong khoảng từ 12 đến 35 sau khi ủ cuối cùng, mức giảm tích lũy của quá

trình cán nguội được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 80 đến 95%. Mức giảm tích lũy tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 83%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 85%.

Mức giảm tích lũy của quá trình cán nguội được xác định như sau.

Mức giảm tích lũy (%) = $(1 - \text{Chiều dày của tấm thép sau khi cán nguội} / \text{Chiều dày của tấm thép trước khi cán nguội}) \times 100$

Quá trình ủ cuối cùng

Trong quá trình ủ cuối cùng, tấm thép cán nguội được ủ cuối cùng. Trong quá trình ủ cuối cùng, để kiểm soát độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> để nằm trong khoảng từ 12 đến 35 sau khi ủ cuối cùng, tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 5 đến 50°C/giây, tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng được thay đổi đến tốc độ gia nhiệt nhanh hơn tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C và được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 20 đến 100°C/giây, và nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng được kiểm soát để cao hơn hoặc bằng nhiệt độ kết tinh lại.

Tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 10°C/giây, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 20°C/giây. Tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 40°C/giây, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 30°C/giây. Tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 30°C/giây, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 40°C/giây. Tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 80°C/giây, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 60°C/giây.

Nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 800 đến 1200°C. Nhiệt độ giữ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 850°C. Thời gian giữ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5 đến 120 giây. Thời gian giữ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 10 giây, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 20 giây.

Độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép (tấm thép silic) được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 12 đến 35 trong suốt quá trình ủ cuối cùng.

Quá trình hình thành lớp phủ

Trong quá trình hình thành lớp phủ, lớp phủ cách điện được tạo ra đối với tấm thép silic sau khi ủ cuối cùng. Chẳng hạn, lớp phủ cách điện có thể hoặc là lớp phủ hữu

cơ hoặc lớp phủ vô cơ. Các điều kiện tạo ra lớp phủ cách điện có thể giống như các điều kiện tạo ra lớp phủ cách điện của tấm thép điện không định hướng thông thường.

Tấm thép điện không định hướng trong đó độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 7}<7 14 5> được kiểm soát một cách thuận lợi bằng các quá trình nêu trên thích hợp làm vật liệu có từ tính như các máy điện quay, các máy biến áp kích thước nhỏ và trung bình, và các linh kiện điện, và đặc biệt là, thích hợp làm vật liệu có từ tính đối với lõi tách của động cơ.

Dưới đây, trường hợp tại đó tấm thép điện không định hướng theo phương án được sử dụng cho lõi tách của động cơ được giải thích.

Fig.3 là hình minh họa thể hiện một ví dụ về lõi tách của động cơ. Như được thể hiện trên Fig.3, lõi động cơ 100 bao gồm mẫu đột dập 11 và vật liệu lớp 13 trong đó mảnh đã được đột dập 11 được xếp lớp và hợp nhất. Mẫu đột dập 11 được tạo ra bằng cách đột dập tấm thép điện không định hướng. Mẫu đột dập 11 bao gồm vòng 17 có hình vòng cung và răng 15 nhô vào trong theo hướng xuyên tâm từ bề mặt ngoại vi bên trong của vòng 17. Mẫu đột dập 11 được sắp xếp theo hình vành, và do đó, tạo ra lõi động cơ 100.

Hình dạng, số lượng được sắp xếp theo hình vành, số lượng các lớp, và tương tự của mẫu đột dập 11 có thể được thiết kế theo mục đích.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, các tác dụng của khía cạnh của sáng chế được mô tả chi tiết dựa vào các ví dụ sau đây. Tuy nhiên, điều kiện trong các ví dụ là điều kiện lấy ví dụ được sử dụng để xác nhận khả năng thực hiện được và các tác dụng của sáng chế, để sáng chế không bị giới hạn ở điều kiện lấy ví dụ. Sáng chế có thể sử dụng các dạng khác nhau của các điều kiện miễn là các điều kiện này không đi trệch khỏi phạm vi của sáng chế và có thể đạt được mục đích của sáng chế.

Ví dụ 1

Phôi tấm có thành phần đã được điều chỉnh được đúc, và sau đó, tấm thép silic được sản xuất bằng cách kiểm soát các điều kiện sản xuất trong mỗi quá trình. Các thành phần hóa học của các tấm thép silic được thể hiện trong các bảng 1 và 2, và các điều kiện sản xuất được thể hiện trong các bảng từ 3 đến 8. Trong quá trình sản xuất nêu trên,

quá trình cán nóng và quá trình xử lý bảo toàn nhiệt được thực hiện trong các điều kiện thể hiện trong các bảng từ 3 đến 5, quá trình làm nguội được thực hiện đến nhiệt độ trong phòng, và sau đó, quá trình tẩy gỉ được thực hiện. Ở đây, mẫu được mô tả là "quá trình ủ tấm thép cán nóng" trong cột "xử lý bảo toàn nhiệt" trong các bảng này được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng mà không quá trình xử lý bảo toàn nhiệt trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Sau đó, quá trình ủ tấm thép cán nóng được thực hiện trong môi trường khí gồm 100% nitơ ở 800°C trong 60 giây, quá trình làm lạnh được thực hiện đến nhiệt độ trong phòng, và sau đó, quá trình tẩy gỉ được thực hiện.

Kết quả đo của phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong cấu trúc vi mô của tấm thép sau quá trình đúc, quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, và quá trình tẩy gỉ và trước quá trình cán nguội được thể hiện trong các bảng từ 3 đến 5. Ở đây, phân đoạn của các hạt không kết tinh lại được đo dựa trên phương pháp nêu trên.

Đối với các tấm thép có phân đoạn của các hạt không kết tinh lại được đo, quá trình cán nguội và ủ cuối cùng được thực hiện trong các điều kiện thể hiện trong các bảng từ 6 đến 8. Trong quá trình ủ cuối cùng, nhiệt độ giữ nằm trong khoảng từ 800 đến 1100°C là bằng hoặc cao hơn nhiệt độ kết tinh lại, và thời gian giữ là 30 giây. Hơn nữa, đối với tấm thép silic sau khi ủ cuối cùng, lớp phủ cách điện trên cơ sở phosphat với chiều dày trung bình bằng 1µm được tạo ra. Ở đây, đối với cột "ủ cuối cùng" trong các bảng, "tốc độ gia nhiệt A" biểu thị tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C, "tốc độ gia nhiệt B" biểu thị tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng, và "kiểm soát các tốc độ gia nhiệt" biểu thị mối quan hệ của tốc độ gia nhiệt A và tốc độ gia nhiệt B.

Kết quả đo của độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic của tấm thép điện không định hướng đã được sản xuất được thể hiện là "độ sắp thẳng hàng của cấu trúc" in các bảng từ 6 đến 8. Ở đây, độ sắp thẳng hàng theo định hướng {5 5 7}<7 14 5> được đo dựa trên phương pháp nêu trên.

Các thành phần hóa học của các tấm thép silic được thể hiện trong các bảng 1 và 2, và các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất được thể hiện trong các bảng từ 3 đến 8. Ở đây, các thành phần hóa học của các tấm thép silic gần giống như các thành phần hóa học của các phôi tấm. Trong các bảng này, "-" đối với thành phần hóa học của tấm thép silic chỉ ra rằng không có nguyên tố tạo hợp kim được bổ sung một cách có

chủ định hoặc rằng hàm lượng này nhỏ hơn giới hạn phát hiện. Trong các bảng này, giá trị được gạch dưới chỉ ra ngoài khoảng của sáng chế.

Đối với tấm thép điện không định hướng đã được sản xuất, mật độ từ thông được đánh giá dưới dạng các đặc tính từ, và độ tròn của mẫu đột dập hình tròn được đánh giá dưới dạng khả năng đột dập. Mật độ từ thông và độ tròn được đo dựa trên phương pháp nêu trên. Khi tỷ lệ B_{50}/B_s lớn hơn hoặc bằng 0,82, các đặc tính từ được cho là có thể chấp nhận. Hơn nữa, khi độ tròn của mẫu đột dập hình tròn nhỏ hơn hoặc bằng $45\mu\text{m}$, khả năng đột dập được cho là có thể chấp nhận.

Các kết quả đánh giá của các đặc tính từ và khả năng đột dập được thể hiện trong các bảng từ 6 đến 8. Các ví dụ theo sáng chế từ số B1 đến B22, thành phần hóa học và cấu trúc của tấm thép silic được kiểm soát một cách thuận lợi, và vì vậy, các đặc tính từ và khả năng đột dập là rất tốt dưới dạng tấm thép điện không định hướng.

Mặt khác, trong các ví dụ so sánh từ số b1 đến b44, ít nhất một trong số thành phần hóa học và cấu trúc của tấm thép silic không được kiểm soát một cách thuận lợi, và vì vậy, ít nhất một của các đặc tính từ và khả năng đột dập không được thỏa mãn dưới dạng tấm thép điện không định hướng.

Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{557\}\langle 7145\rangle$ và độ tròn. Fig.4 là biểu đồ thể hiện mối quan hệ của độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{557\}\langle 7145\rangle$ và độ tròn dựa trên của các ví dụ của sáng chế từ số B1 đến B22 và các ví dụ so sánh từ số b1 đến b44. Fig.4 thể hiện rằng độ tròn giảm cùng với sự tăng độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{557\}\langle 7145\rangle$.

Bảng 1

Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất													
	Thành phần hóa học của tám thép silic (theo đơn vị % khối lượng, phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất)													
	C	Si	Mn	Al	P	S	N	B	Sb	Sn	Cu	REM	Ca	Mg
A1	0,0029	2,953	0,209	0,490	0,034	0,0017	0,0023	0,0011	-	-	-	-	-	-
A2	0,0026	0,011	0,156	0,114	0,087	0,0011	0,0026	0,0013	-	-	-	-	-	-
A3	0,0027	3,448	0,271	0,904	0,122	0,0018	0,0025	0,0011	-	-	-	-	-	-
A4	0,0025	0,216	0,011	0,534	0,147	0,0025	0,0022	0,0015	-	-	-	-	-	-
A5	0,0026	2,534	2,998	1,309	0,138	0,0022	0,0021	0,0014	-	-	-	-	-	-
A6	0,0028	0,826	0,124	0,001	0,112	0,0019	0,0029	0,0016	-	-	-	-	-	-
A7	0,0024	2,889	0,253	2,447	0,147	0,0009	0,0017	0,0017	-	-	-	-	-	-
A8	0,0021	3,022	0,227	1,453	0,18	0,0008	0,0011	0,0012	-	-	-	-	-	-
A9	0,0028	3,029	2,112	0,589	0,044	0,0029	0,0018	0,0009	-	-	-	-	-	-
A10	0,0021	1,876	0,576	0,239	0,087	0,0017	0,0029	0,0008	-	-	-	-	-	-
A11	0,0017	2,448	1,006	0,875	0,049	0,0019	0,0019	0,0018	-	-	-	-	-	-
A12	0,0015	1,189	0,227	0,284	0,093	0,0022	0,0022	0,0008	0,0479	-	-	-	-	-
A13	0,0009	2,889	1,087	0,034	0,153	0,0026	0,0025	0,0011	-	0,18	-	-	-	-
A14	0,0008	1,665	0,228	0,038	0,034	0,0016	0,0023	0,0014	0,0231	0,09	-	-	-	-
A15	0,0018	2,238	1,084	0,699	0,139	0,0022	0,0011	0,0004	0,0119	0,04	-	-	-	-
A16	0,0025	2,673	0,093	0,781	0,011	0,0018	0,0018	0,0007	0,0161	0,03	-	-	-	-
A17	0,0014	1,452	1,987	0,117	0,026	0,0022	0,0026	0,0017	0,0229	0,05	-	-	-	-
A18	0,0020	2,048	0,210	0,321	0,025	0,0012	0,0025	0,0012	-	-	0,5	-	-	-
A19	0,0021	3,019	0,208	0,312	0,023	0,0025	0,0023	0,0014	-	-	-	0,0050	-	-
A20	0,0023	3,022	0,215	0,297	0,033	0,0026	0,0020	0,0011	-	-	-	-	0,0040	-
A21	0,0020	3,031	0,221	0,284	0,029	0,0026	0,0018	0,0013	-	-	-	-	-	0,0030
A22	0,0013	0,498	0,151	0,284	0,069	0,0011	0,0014	0,0010	-	0,01	-	-	-	-

Bảng 2

Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất														
	Thành phần hóa học của tám thép silic (theo đơn vị % khối lượng, phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất)														
	C	Si	Mn	Al	P	S	N	B	Sb	Sn	Cu	REM	Ca	Mg	
a1	0,0055	3,224	0,251	0,451	0,115	0,0029	0,0025	0,002	0,0039	0,16	-	-	-	-	
a2	0,0022	0,004	0,272	0,185	0,097	0,0009	0,0022	0,0016	0,0021	0,13	-	-	-	-	
a3	0,0026	4,106	0,114	1,003	0,152	0,0023	0,0028	0,0019	0,0031	0,07	-	-	-	-	
a4	0,0013	2,167	0,002	0,509	0,116	0,0018	0,0027	0,0018	0,0019	0,02	-	-	-	-	
a5	0,0006	1,459	3,504	0,202	0,139	0,0014	0,0021	0,0009	0,0025	0,12	-	-	-	-	
a6	0,0009	2,928	0,373	0,0004	0,082	0,0027	0,0023	0,0017	0,0037	0,05	-	-	-	-	
a7	0,0015	2,201	0,684	2,803	0,166	0,0011	0,0019	0,0016	0,0028	0,09	-	-	-	-	
a8	0,0014	1,806	0,785	0,616	0,292	0,0021	0,0011	0,0017	0,0033	0,07	-	-	-	-	
a9	0,0011	2,717	1,529	1,225	0,087	0,0039	0,0021	0,0016	0,0022	0,14	-	-	-	-	
a10	0,0009	1,512	0,901	0,305	0,123	0,0016	0,0051	0,0006	0,0035	0,11	-	-	-	-	
a11	0,0008	2,599	2,437	0,904	0,145	0,0025	0,0029	0,003	0,0018	0,03	-	-	-	-	
a12	0,0025	3,342	2,896	2,456	0,093	0,0009	0,0019	0,0009	-	-	-	-	-	-	
a13	0,0029	0,013	0,027	0,004	0,098	0,0008	0,0017	0,0010	-	-	-	-	-	-	
a14	0,0024	3,126	1,545	1,243	0,091	0,0010	0,0019	0,0011	-	-	-	-	-	-	
a16	0,0021	2,044	2,951	1,124	0,095	0,0008	0,0020	0,0008	-	-	-	-	-	-	
a17	0,0023	2,102	1,122	0,005	0,095	0,0011	0,0018	0,0009	-	-	-	-	-	-	
a18	0,0011	0,502	0,169	0,311	0,073	0,0009	0,0018	0,0008	-	0,01	-	-	-	-	
a19	0,0012	0,499	0,172	0,308	0,074	0,0008	0,0021	0,0007	-	0,01	-	-	-	-	
a20	0,0021	2,242	1,104	0,708	0,145	0,0019	0,0009	0,0006	-	-	-	-	-	-	

Bảng 3

Thứ nghiệm số		Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất										Phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội % diện tích
			Đúc			Cán nóng				Xử lý bảo toàn nhiệt			
			Si % khối lượng	Mn % khối lượng	Al % khối lượng	Nhiệt độ gia nhiệt phối tấm °C	Mức giảm tích lũy %	Nhiệt độ cuối cùng °C	Cán tinh	Nhiệt độ bảo toàn nhiệt °C	Thời gian bảo toàn nhiệt Phút		
B1	A1	2,953	0,209	0,490	1100	98,5	880	120	800	30	17		
B2	A2	0,011	0,156	0,114	1200	98,0	810	180	780	15	18		
B3	A3	3,448	0,271	0,904	1150	98,5	890	100	750	30	13		
B4	A4	0,216	0,011	0,534	1200	98,0	830	170	780	20	14		
B5	A5	2,534	2,998	1,309	1150	98,5	950	130	705	60	19		
B6	A6	0,826	0,124	0,001	1230	98,5	850	120	780	15	17		
B7	A7	2,889	0,253	2,447	1150	98,5	900	120	780	70	11		
B8	A8	3,022	0,227	1,453	1150	99,0	950	130	845	120	18		
B9	A9	3,029	2,112	0,589	1080	98,5	880	130	780	80	18		
B10	A10	1,876	0,576	0,239	1180	98,5	940	130	780	10	11		
B11	A11	2,448	1,006	0,875	1150	98,5	900	120	750	80	18		
B12	A12	1,189	0,227	0,284	1175	99,0	930	130	790	180	18		
B13	A13	2,889	1,087	0,034	1150	98,5	900	110	780	80	17		
B14	A14	1,665	0,228	0,038	1150	99,0	900	130	810	50	20		
B15	A15	2,238	1,084	0,699	1180	99,0	890	140	770	70	18		
B16	A16	2,673	0,093	0,781	1150	98,5	900	130	800	50	15		
B17	A17	1,452	1,987	0,117	1130	98,5	880	120	780	40	15		
B18	A18	2,048	0,210	0,321	1200	99,0	880	120	780	15	16		
B19	A19	3,019	0,208	0,312	1150	98,5	900	130	790	30	16		
B20	A20	3,022	0,215	0,297	1170	98,5	910	150	780	50	14		
B21	A21	3,031	0,221	0,284	1150	99,0	890	130	800	70	15		
B22	A22	0,498	0,151	0,284	1280	98,5	820	180	710	15	16		

Bảng 4

Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất													
Thử nghiệm số	Thép số	Đúc			Cán nóng				Xử lý bảo toàn nhiệt		Phân đoạn của các hạt trong tấm thép trước khi cán nguội % diện tích		
		Si % khối lượng	Mn % khối lượng	Al % khối lượng	Nhiệt độ gia nhiệt phối tấm °C	Mức giảm tích lũy %	Cán tinh		Nhiệt độ bảo toàn nhiệt °C	Thời gian bảo toàn nhiệt Phút			
							Nhiệt độ cuối cùng °C	Tốc độ làm nguội °C/giây					
b1	a1	3,224	0,251	0,451	1160	98,5	950	130	680	60	22		
b2	a2	0,004	0,272	0,185	1150	98,5	900	130	780	80	7		
b3	a3	4,106	0,114	1,003	1150	98,5	900	130	780	80	21		
b4	a4	2,167	0,002	0,509	1150	98,5	900	130	780	80	8		
b5	a5	1,459	3,504	0,202	1150	98,5	900	130	780	80	22		
b6	a6	2,928	0,373	0,0004	1150	98,5	900	130	780	80	9		
b7	a7	2,201	0,684	2,803	1150	98,5	900	130	780	80	23		
b8	a8	1,806	0,785	0,616	1180	98,5	890	75	720	5	8		
b9	a9	2,717	1,529	1,225	1150	98,5	900	130	780	80	11		
b10	a10	1,512	0,901	0,305	980	98,5	900	130	780	80	8		
b11	a11	2,599	2,437	0,904	1175	98,5	900	130	700	240	7		
b12	a12	3,342	2,896	2,456	1150	98,5	900	130	780	80	22		
b13	a13	0,013	0,027	0,004	1150	98,5	900	130	780	80	7		
b14	a14	3,126	1,545	1,243	1280	98,5	900	130	710	80	23		
b16	a16	2,044	2,951	1,124	1150	98,5	810	130	780	11	22		
b17	a17	2,102	1,122	0,005	1030	98,5	900	130	840	80	7		
b18	a18	0,502	0,169	0,311	1150	99,5	890	80	800	15	9		
b19	a19	0,499	0,172	0,308	1150	99,0	940	85	850	15	8		
b20	a20	2,242	1,104	0,708	1270	98,5	805	130	715	80	21		

Bảng 5

Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất													
Thử nghiệm số	Thép số	Đúc			Al % khối lượng	Nhiệt độ gia nhiệt phối tấm °C	Cán nóng			Xử lý bảo toàn nhiệt		Phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước khi cán nguội % diện tích	
		Si % khối lượng	Mn % khối lượng	Mức giảm tích lũy %			Cán tinh		Nhiệt độ bảo toàn nhiệt °C	Thời gian bảo toàn nhiệt phút			
							Nhiệt độ cuối cùng °C	Tốc độ làm nguội °C/giây					
b21	a20	2,242	1,104	0,708	1045	99,5	900	130	780	170	8		
b22	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,0	810	190	780	80	23		
b23	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	90	830	170	6		
b24	a20	2,242	1,104	0,708	980	98,5	900	130	780	80	8		
b25	a20	2,242	1,104	0,708	1320	98,5	900	130	780	80	22		
b26	a20	2,242	1,104	0,708	1150	97,0	900	130	780	80	23		
b27	a20	2,242	1,104	0,708	1150	99,8	900	130	780	80	9		
b28	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	780	130	780	80	22		
b29	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	970	130	780	80	8		
b30	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	75	780	80	9		
b31	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	210	780	80	21		
b32	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	680	80	22		
b33	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	870	80	8		
b34	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	8	23		
b35	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	185	9		
b36	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b37	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b38	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b39	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b40	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b41	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b42	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b43	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	15		
b44	a20	2,242	1,104	0,708	1150	98,5	900	130	780	80	0		
							Ủ tấm thép cán nóng						

Bảng 6

Thử nghiệm số	Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất					Các kết quả đánh giá					Ghi chú
		Mức giảm tích lũy khi cán nguội %	Ủ cuối cùng		Kiểm soát tốc độ gia nhiệt	Mức độ sắp thẳng hàng của cấu trúc	Mật độ từ thông			Khả năng đột dập Độ tròn μm		
			Tốc độ gia nhiệt A °C/giây	Tốc độ gia nhiệt B °C/giây			B ₅₀	B _s	B ₅₀ /B _s			
B1	A1	88,5	30	40	Tốt	18	1,708	2,033	0,84	19	Ví dụ theo sáng chế	
B2	A2	88,0	10	30	Tốt	15	1,698	2,046	0,83	22	Ví dụ theo sáng chế	
B3	A3	88,0	25	30	Tốt	13	1,609	1,962	0,82	33	Ví dụ theo sáng chế	
B4	A4	87,5	40	60	Tốt	14	1,654	1,993	0,83	30	Ví dụ theo sáng chế	
B5	A5	89,0	20	30	Tốt	15	1,596	1,921	0,83	39	Ví dụ theo sáng chế	
B6	A6	88,0	25	40	Tốt	19	1,789	2,125	0,84	16	Ví dụ theo sáng chế	
B7	A7	88,5	20	35	Tốt	12	1,688	2,034	0,83	44	Ví dụ theo sáng chế	
B8	A8	88,0	50	80	Tốt	16	1,614	1,947	0,83	23	Ví dụ theo sáng chế	
B9	A9	94,0	25	30	Tốt	16	1,715	2,042	0,84	20	Ví dụ theo sáng chế	
B10	A10	88,0	40	50	Tốt	12	1,728	2,060	0,84	30	Ví dụ theo sáng chế	
B11	A11	87,0	25	30	Tốt	17	1,708	2,058	0,83	30	Ví dụ theo sáng chế	
B12	A12	88,0	20	35	Tốt	20	1,725	2,091	0,83	21	Ví dụ theo sáng chế	
B13	A13	81,0	25	30	Tốt	14	1,719	2,071	0,83	28	Ví dụ theo sáng chế	
B14	A14	90,0	35	55	Tốt	16	1,730	2,087	0,83	24	Ví dụ theo sáng chế	
B15	A15	88,0	25	30	Tốt	20	1,725	2,104	0,82	22	Ví dụ theo sáng chế	
B16	A16	88,5	25	30	Tốt	24	1,716	2,043	0,84	10	Ví dụ theo sáng chế	
B17	A17	88,5	45	55	Tốt	24	1,720	2,024	0,85	12	Ví dụ theo sáng chế	
B18	A18	83,0	25	40	Tốt	19	1,725	2,006	0,86	18	Ví dụ theo sáng chế	
B19	A19	85,0	20	35	Tốt	21	1,738	2,069	0,84	20	Ví dụ theo sáng chế	
B20	A20	88,0	25	30	Tốt	20	1,721	2,001	0,86	15	Ví dụ theo sáng chế	
B21	A21	87,5	30	35	Tốt	21	1,745	2,029	0,86	17	Ví dụ theo sáng chế	
B22	A22	83,0	35	60	Tốt	24	1,718	2,070	0,83	15	Ví dụ theo sáng chế	

Bảng 7

Thử nghiệm số	Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất					Các kết quả đánh giá				Ghi chú
		Mức giảm tích lũy khi cán nguội %	Ủ cuối cùng			Mức độ sắp thẳng hàng của cấu trúc	Mật độ từ thông			Khả năng đột dập Độ tròn μm	
			Tốc độ gia nhiệt A $^{\circ}\text{C}/\text{giây}$	Tốc độ gia nhiệt B $^{\circ}\text{C}/\text{giây}$	Kiểm soát tốc độ gia nhiệt		B ₅₀	B _s	B ₅₀ /B _s		
b1	a1	88,0	25	30	Tốt	<u>9</u>	1,629	2,001	0,81	48	Ví dụ so sánh
b2	a2	88,0	25	30	Tốt	<u>8</u>	1,601	1,969	0,81	48	Ví dụ so sánh
b3	a3	88,0	25	30	Tốt	<u>11</u>	1,571	1,956	0,80	50	Ví dụ so sánh
b4	a4	88,0	25	30	Tốt	<u>8</u>	1,636	2,042	0,80	49	Ví dụ so sánh
b5	a5	88,0	25	30	Tốt	<u>9</u>	1,625	2,057	0,79	55	Ví dụ so sánh
b6	a6	88,0	25	30	Tốt	<u>11</u>	1,602	2,003	0,80	54	Ví dụ so sánh
b7	a7	88,0	25	30	Tốt	<u>7</u>	1,573	1,942	0,81	58	Ví dụ so sánh
b8	a8	88,0	25	30	Tốt	<u>11</u>	1,624	2,035	0,80	50	Ví dụ so sánh
b9	a9	88,0	25	30	Tốt	<u>6</u>	1,591	1,964	0,81	60	Ví dụ so sánh
b10	a10	88,0	25	30	Tốt	<u>10</u>	1,605	2,006	0,80	52	Ví dụ so sánh
b11	a11	88,0	25	30	Tốt	<u>6</u>	1,570	1,953	0,80	61	Ví dụ so sánh
b12	a12	88,0	25	30	Tốt	<u>9</u>	1,609	2,037	0,79	58	Ví dụ so sánh
b13	a13	88,0	25	30	Tốt	<u>8</u>	1,601	2,001	0,80	60	Ví dụ so sánh
b14	a14	88,0	25	30	Tốt	<u>10</u>	1,603	2,029	0,79	61	Ví dụ so sánh
b16	a16	88,0	25	30	Tốt	<u>9</u>	1,610	2,038	0,79	59	Ví dụ so sánh
b17	a17	88,0	25	30	Tốt	<u>8</u>	1,605	2,006	0,80	58	Ví dụ so sánh
b18	a18	88,0	25	30	Tốt	<u>8</u>	1,609	2,037	0,79	54	Ví dụ so sánh
b19	a19	88,0	25	30	Tốt	<u>9</u>	1,604	2,030	0,79	60	Ví dụ so sánh
b20	a20	88,0	25	30	Tốt	<u>10</u>	1,606	2,008	0,80	58	Ví dụ so sánh

Bảng 8

Thử nghiệm số	Thép số	Các điều kiện sản xuất và các kết quả sản xuất					Các kết quả đánh giá				Ghi chú
		Mức giảm tích lũy khi cán nguội %	Ủ cuối cùng		Mức độ sắp thẳng hàng của cấu trúc	Mật độ từ thông			Khả năng đột dập Độ tròn μm		
			Tốc độ gia nhiệt A °C/giây	Tốc độ gia nhiệt B °C/giây		Kiểm soát tốc độ gia nhiệt	B ₅₀	B _s		B ₅₀ /B _s	
b21	a20	88,0	25	30	Tốt	10	1,608	1,985	0,81	59	Ví dụ so sánh
b22	a20	88,0	25	30	Tốt	9	1,608	2,062	0,78	60	Ví dụ so sánh
b23	a20	88,0	25	30	Tốt	10	1,602	2,028	0,79	57	Ví dụ so sánh
b24	a20	88,0	25	30	Tốt	8	1,604	2,030	0,79	55	Ví dụ so sánh
b25	a20	88,0	25	30	Tốt	9	1,605	2,006	0,80	56	Ví dụ so sánh
b26	a20	88,0	25	30	Tốt	8	1,607	2,034	0,79	55	Ví dụ so sánh
b27	a20	88,0	25	30	Tốt	10	1,606	2,033	0,79	56	Ví dụ so sánh
b28	a20	88,0	25	30	Tốt	10	1,605	2,006	0,80	58	Ví dụ so sánh
b29	a20	88,0	25	30	Tốt	9	1,610	2,038	0,79	59	Ví dụ so sánh
b30	a20	88,0	25	30	Tốt	9	1,611	2,065	0,78	60	Ví dụ so sánh
b31	a20	88,0	25	30	Tốt	8	1,608	2,010	0,80	59	Ví dụ so sánh
b32	a20	88,0	25	30	Tốt	8	1,601	2,027	0,79	61	Ví dụ so sánh
b33	a20	88,0	25	30	Tốt	8	1,600	2,025	0,79	58	Ví dụ so sánh
b34	a20	88,0	25	30	Tốt	9	1,607	2,009	0,80	57	Ví dụ so sánh
b35	a20	88,0	25	30	Tốt	10	1,604	2,030	0,79	57	Ví dụ so sánh
b36	a20	78,0	25	30	Tốt	9	1,606	2,008	0,80	59	Ví dụ so sánh
b37	a20	97,0	25	30	Tốt	6	1,605	2,058	0,78	61	Ví dụ so sánh
b38	a20	88,0	3	30	Tốt	9	1,605	2,006	0,80	60	Ví dụ so sánh
b39	a20	88,0	55	65	Tốt	8	1,601	2,027	0,79	61	Ví dụ so sánh
b40	a20	88,0	10	18	Tốt	6	1,610	2,091	0,77	62	Ví dụ so sánh
b41	a20	88,0	25	102	Tốt	9	1,609	1,986	0,81	59	Ví dụ so sánh
b42	a20	88,0	40	40	Kém	9	1,607	2,034	0,79	60	Ví dụ so sánh
b43	a20	88,0	45	35	Kém	8	1,606	2,008	0,80	61	Ví dụ so sánh
b44	a20	88,0	25	30	Tốt	3	1,726	2,105	0,82	65	Ví dụ so sánh

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo các khía cạnh nêu trên của sáng chế, có thể tạo ra tấm thép điện không định hướng có cả khả năng đột dập và các đặc tính từ rất tốt theo hai hướng gồm hướng cán và hướng ngang đối với lõi tách, và phương pháp sản xuất của chúng. Do đó, sáng chế có khả năng áp dụng công nghiệp đáng kể.

Danh sách ký hiệu tham chiếu

- 1 tấm thép điện không định hướng
- 3 tấm thép silic (tấm thép nền)
- 5 lớp phủ cách điện
- 11 mẫu đột dập
- 13 xếp lớp
- 15 răng
- 17 vòng
- 100 lõi động cơ

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này bao gồm tấm thép silic và lớp phủ cách điện, khác biệt ở chỗ:

tấm thép silic này chứa thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,50%,

Al với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 2,500%,

Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 3,00%,

C với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

P với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,180%,

S với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

N với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%,

B với hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%,

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 1,00%,

kim loại đất hiếm (Rare Earth Metal, REM) với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%,

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0 đến 0,0400%, và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất, và

khi t là chiều dày của tấm thép silic, và vùng trung tâm được cho là vị trí $t/2$ từ bề mặt của tấm thép silic dọc theo hướng chiều dày, và

khi mẫu được cắt ra từ tấm thép silic, vùng trung tâm của mẫu lộ ra, bề mặt lộ ra của mẫu được đánh bóng hóa học hoặc đánh bóng điện phân để loại bỏ biến dạng để thu được mẫu đo, phép nhiễu xạ tia X được thực hiện bằng cách sử dụng mẫu đo, và thu được các hình vẽ cực của mặt phẳng $\{2\ 0\ 0\}$, mặt phẳng $\{1\ 1\ 0\}$, và mặt phẳng $\{2\ 1\ 1\}$, và thu được hàm xác định định hướng của vùng trung tâm từ các hình vẽ cực,

độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ dựa trên hàm xác định định hướng trong vùng trung tâm dọc theo hướng chiều dày của tấm thép silic nằm trong khoảng từ 12 đến 35.

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

trong đó, tấm thép silic này chứa thành phần hóa học theo % khối lượng, ít nhất một nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Sb với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 0,05%,

Sn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,20%,

Cu với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,10 đến 1,00%,

REM với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%,

Ca với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%, và

Mg với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0400%.

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

trong đó, độ sắp thẳng hàng theo định hướng $\{5\ 5\ 7\} \langle 7\ 14\ 5 \rangle$ nằm trong khoảng từ 18 đến 35.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, trong đó phương pháp này bao gồm quá trình đúc, quá trình cán nóng, quá trình bảo toàn nhiệt, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, quá trình ủ cuối cùng, và quá trình hình thành lớp phủ, trong đó:

trong quá trình đúc, phôi tấm được đúc, phôi tấm này bao gồm thành phần hóa học của tấm thép silic của tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ từ 1 đến 3,

trong quá trình cán nóng, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm trước khi cán nóng nằm trong khoảng từ 1000 đến 1300°C, nhiệt độ cán cuối cùng đối với quá trình cán nóng cuối cùng nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C, mức giảm tích lũy của quá trình cán nóng nằm trong khoảng từ 98 đến 99,5%, và tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ sau khi kết thúc quá trình cán nóng đến nhiệt độ bảo toàn nhiệt để xử lý bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 80 đến 200°C/giây,

trong quá trình bảo toàn nhiệt, nhiệt độ bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 700 đến 850°C và thời gian bảo toàn nhiệt nằm trong khoảng từ 10 đến 180 phút,

phân đoạn của các hạt không kết tinh lại trong tấm thép trước quá trình cán nguội

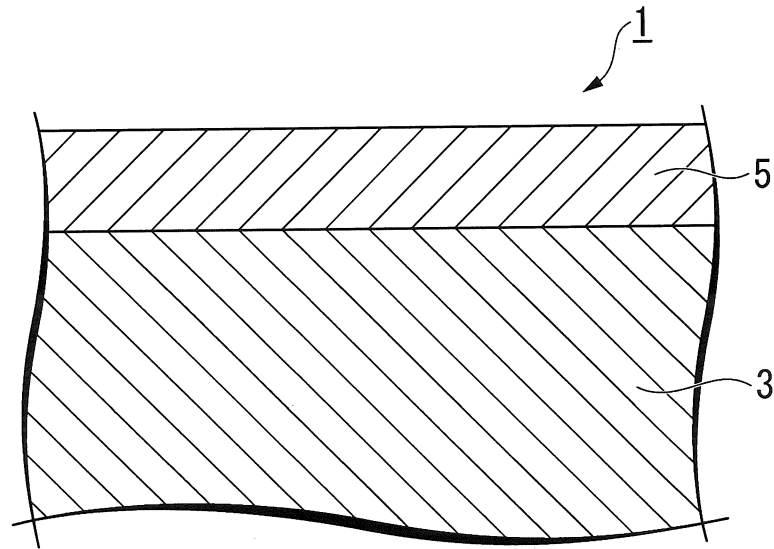
được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10 đến 20% diện tích,

trong quá trình cán nguội, mức giảm tích lũy của quá trình cán nguội nằm trong khoảng từ 80 đến 95%, và

trong quá trình ủ cuối cùng, tốc độ gia nhiệt trung bình từ nhiệt độ bắt đầu gia nhiệt đến 750°C nằm trong khoảng từ 5 đến 50°C/giây, tốc độ gia nhiệt trung bình từ 750°C đến nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng được thay đổi đến tốc độ gia nhiệt nhanh hơn tốc độ gia nhiệt trung bình đến 750°C và nằm trong khoảng từ 20 đến 100°C/giây, và nhiệt độ giữ đối với quá trình ủ cuối cùng là cao hơn hoặc bằng nhiệt độ kết tinh lại.

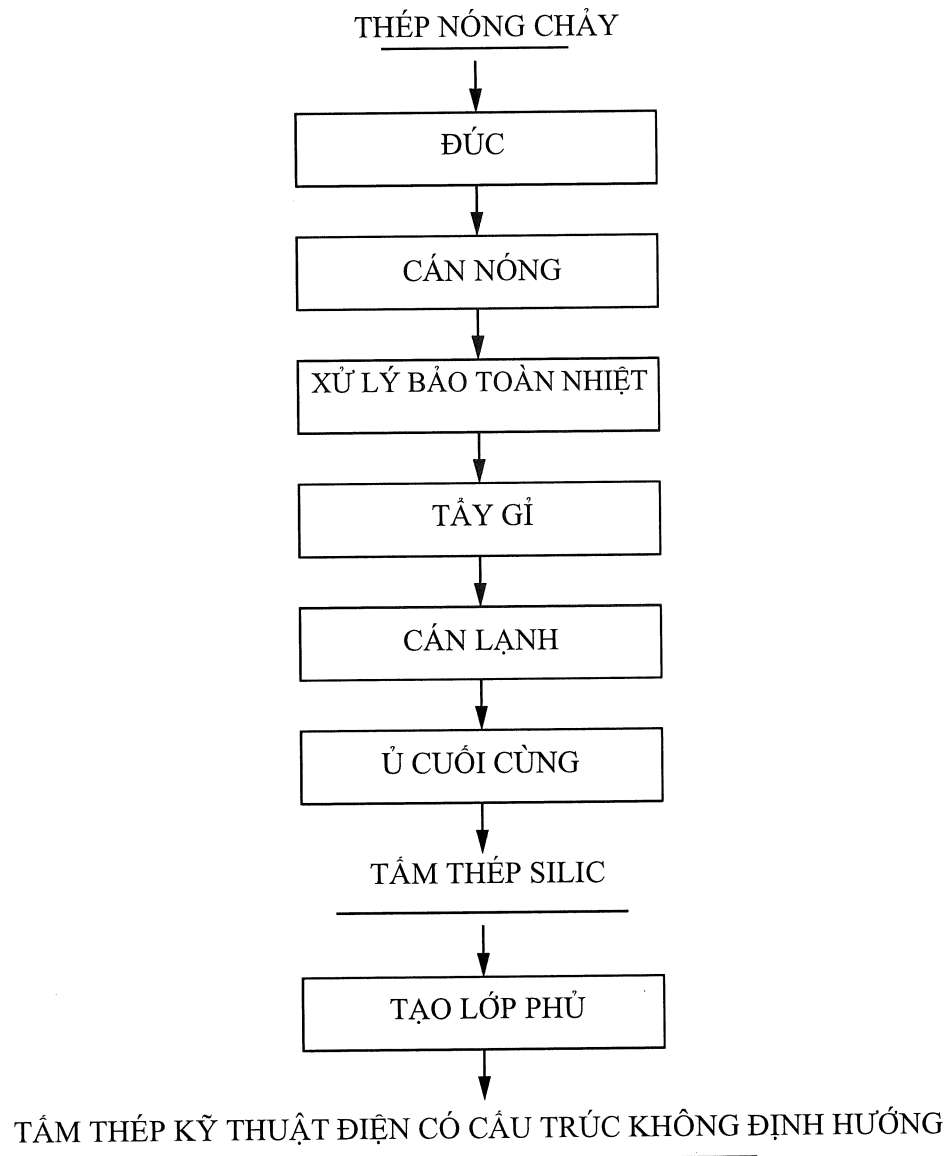
1/4

FIG. 1



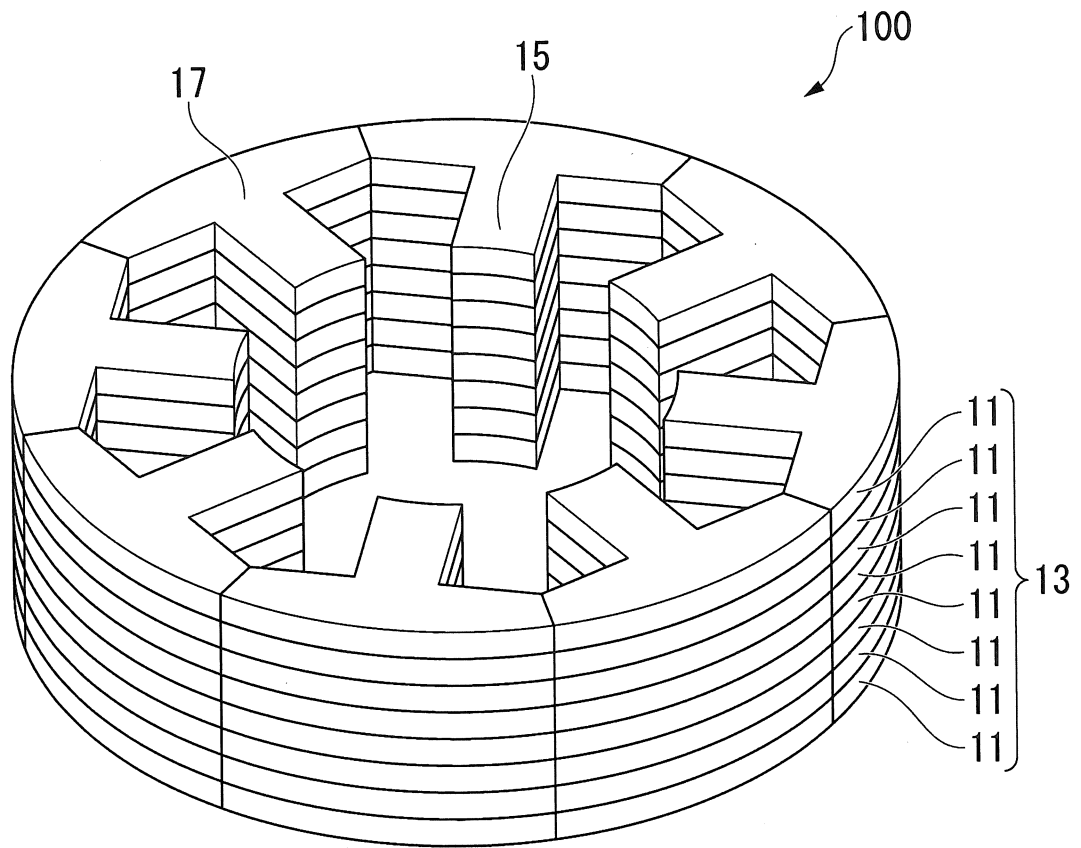
2/4

FIG. 2



3/4

FIG. 3



4/4

FIG. 4

