



(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)



1-0034748

(51)⁷

C22C 38/00; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12

(21) 1-2019-03598

(22) 16/01/2018

(86) PCT/JP2018/000981 16/01/2018

(87) WO 2018/131712 A1 19/07/2018

(30) 2017-005212 16/01/2017 JP

(45) 25/01/2023 418

(43) 25/10/2019 379A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

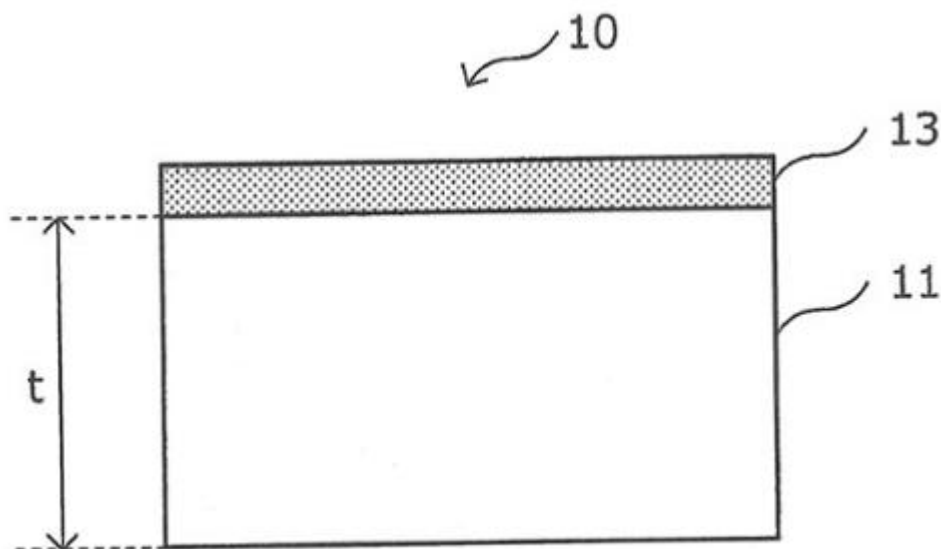
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) Hiroyoshi YASHIKI (JP); Yoshiaki NATORI (JP); Kazutoshi TAKEDA (JP);
Susumu MUKAWA (JP); Takuya MATSUMOTO (JP); Koji FUJITA (JP); Takashi
MOROHOSHI (JP); Masafumi MIYAZAKI (JP).

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

(54) TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế chứa thành phần hóa học với lượng tính theo % khối lượng là C: lớn hơn 0% và bằng 0,0050% hoặc nhỏ hơn, Si: từ 3,0% đến 4,0%, Mn: từ 1,2% đến 3,3%, P: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,030%, S: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, sol. Al: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, N: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd: từ 0,0005% đến 0,0200% tính theo tổng, Ca: từ 0,0005% đến 0,0100%, Ti: từ 0,0005% đến 0,0100%, Sn: từ 0% đến 0,10%, Sb: từ 0% đến 0,10%, Mg: từ 0% đến 0,0100%, và phần còn lại gồm Fe và các tạp chất, trong đó Si - 0,5 x Mn: bằng 2,0% hoặc lớn hơn, và Si + 0,5 x Mn: bằng 3,8% hoặc lớn hơn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Hiện nay, các vấn đề về môi trường toàn cầu đang được quan tâm, và yêu cầu nỗ lực tiết kiệm năng lượng còn được quan tâm hơn nữa. Đặc biệt, trong những năm gần đây, yêu cầu gia tăng hiệu suất của các thiết bị điện đã gia tăng mạnh mẽ. Do vậy, đối với các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng mà được sử dụng rộng rãi làm vật liệu lõi sắt của các động cơ, máy phát điện, máy biến áp, hoặc dạng tương tự, yêu cầu cải thiện các đặc tính từ cũng được quan tâm hơn nữa. Trong những năm gần đây, để mà tiếp tục gia tăng hiệu suất cho các động cơ, máy phát điện cho xe điện, hoặc xe lai, và các động cơ cho máy nén, xu hướng nêu trên là rất có ý nghĩa.

Để cải thiện các đặc tính từ của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, hữu hiệu là bổ sung các thành phần hợp kim vào thép, bằng cách đó gia tăng điện trở của các tấm thép và làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy. Do vậy, như được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 chẳng hạn, sự cải thiện các đặc tính từ (giảm sự tổn hao do sắt, gia tăng mật độ từ thông, và tương tự) đạt được bằng cách bổ sung thành phần có tác dụng gia tăng điện trở như Si, Al, hoặc Mn.

Tài liệu giải pháp kỹ thuật trước

Các tài liệu sáng chế

[Tài liệu sáng chế 1] Công bố quốc tế số WO2016/027565

[Tài liệu sáng chế 2] Đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản chưa xét nghiệm, công bố thứ nhất số 2016-130360

[Tài liệu sáng chế 3] Công bố quốc tế số WO2016/136095

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Trong trường hợp ở đó xét đến các thành phần hợp kim ở cùng một lượng như nhau (% khối lượng) được bổ sung, ngoại trừ P có ảnh hưởng bất lợi đáng kể đến khả năng cán nguội, Si là thành phần hữu hiệu để làm gia tăng điện trở và làm giảm sự tổn hao do sắt. Do vậy, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ rằng hàm lượng Si được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 6% khối lượng, tài liệu sáng chế 2 bộc lộ rằng hàm lượng Si được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,0% khối lượng, và tài liệu sáng chế 3 bộc lộ rằng hàm lượng Si được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 8,0% khối lượng.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 bộc lộ rằng hàm lượng Al được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, và điện trở được gia tăng bằng cách sử dụng Si và Mn, bằng cách đó làm giảm sự tổn hao do sắt.

Tuy nhiên, nhờ các sự nghiên cứu, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng sự giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao như $W_{10/400}$ là không đủ, ở các tấm thép được đề cập trong tài liệu sáng chế 1 đến tài liệu sáng chế 3. Nguyên nhân được cho là sự hợp kim hóa cao là không thể thiếu để làm giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao; tuy nhiên, trong tài liệu sáng chế 1 đến tài liệu sáng chế 3, mức tổn hao do sắt ở tần số cao chưa được nghiên cứu, và các giá trị giới hạn dưới của các lượng hợp kim cần để giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao hoặc sự phân bố các lượng bổ sung thích hợp của Si, Al, và Mn chưa được xét đến. Do vậy, sự giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao như $W_{10/400}$ là không đủ.

Sáng chế đã được thực hiện khi xem xét đến vấn đề nêu trên. Mục đích của sáng chế là tạo ra tấm thép kỹ thuật điện không định hướng mà có khả năng cán nguội tốt và có các đặc tính từ tuyệt vời, cụ thể là, mức tổn hao do sắt ở tần số cao.

Cách thức giải quyết vấn đề

Để đạt được mục đích nêu trên, các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu sâu rộng. Kết quả là, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng các đặc tính từ có thể

được cải thiện bằng cách ngăn chặn sự suy giảm đặc tính phát triển hạt trong khi đảm bảo được khả năng cán nguội tốt bằng cách (i) thiết lập hàm lượng Al đến bằng hoặc nhỏ hơn giá trị định trước, (ii) bổ sung Mn mà góp phần vào sự gia tăng điện trở và có ảnh hưởng bất lợi nhỏ đối với khả năng cán nguội cùng với Si, và (iii) tiếp tục bổ sung một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd và Ti, và hoàn thành sáng chế.

Thực chất sáng chế được hoàn thành dựa vào phát hiện nêu trên là như được mô tả dưới đây.

(1) Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế chứa thành phần hóa học với lượng tính theo % khối lượng là C: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, Si: từ 3,0% đến 4,0%, Mn: từ 1,2% đến 3,3%, P: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,030%, S: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, sol. Al: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, N: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd: từ 0,0005% đến 0,0200% toàn bộ, Ca: từ 0,0005% đến 0,0100%, Ti: từ 0,0005% đến 0,0100%, Sn: từ 0% đến 0,10%, Sb: từ 0% đến 0,10%, Mg: từ 0% đến 0,0100%, và phần còn lại gồm Fe và các tạp chất, trong đó $Si - 0,5 \times Mn$: bằng 2,0% hoặc lớn hơn, và $Si + 0,5 \times Mn$: bằng 3,8% hoặc lớn hơn.

(2) Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục (1) có thể chứa thành phần hóa học là một hoặc hai thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Sn: từ 0,005% đến 0,10% và Sb: từ 0,005% đến 0,10%.

(3) Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2) có thể chứa thành phần hóa học là Mg: từ 0,0005% đến 0,0100%.

Hiệu quả của sáng chế

Theo khía cạnh nêu trên của sáng chế, có thể thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có khả năng cán nguội tốt và các đặc tính từ tuyệt vời.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG. 1 là hình vẽ thể hiện cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một phương án của sáng chế.

FIG. 2 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về lưu đồ của phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo cùng một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, phương án ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết với sự tham khảo các hình vẽ. Trong bản mô tả và hình vẽ của sáng chế, các thành phần cấu tạo về cơ bản có cấu trúc chức năng giống nhau sẽ được biểu thị bằng cùng một kí hiệu tham chiếu và sẽ không được mô tả lại.

Về tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

Trong các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, như được nêu ở trên, để làm giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao, nói chung, các thành phần hợp kim được bổ sung vào thép, bằng cách đó gia tăng điện trở của các tấm thép và làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy. Ở đây, trong trường hợp mà xét đến các thành phần hợp kim ở cùng một lượng như nhau (% khối lượng) được bổ sung, Si dễ làm tăng điện trở và như vậy là thành phần hữu hiệu để làm giảm sự tổn hao do sắt. Tuy nhiên, nhờ các nghiên cứu của các tác giả sáng chế, đã thấy rằng khả năng cán nguội của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bị suy giảm nhiều trong trường hợp ở đó hàm lượng Si vượt quá 4,0% khối lượng.

Ngoài ra, tương tự với Si, Al cũng là thành phần hợp kim mà có tác dụng gia tăng điện trở. Tuy nhiên, nhờ các nghiên cứu của các tác giả sáng chế, đã thấy rõ rằng, tương tự với Si, Al cũng làm suy giảm khả năng cán nguội. Ngoài ra, khi hàm lượng Al gia tăng, có xu hướng là sự tổn hao do trễ giảm và các đặc tính từ bị suy giảm. Do vậy, khó bổ sung một lượng lớn Al vào tấm thép kỹ thuật điện không định hướng dưới dạng thành phần hợp kim. Trong các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, để ngăn chặn sự suy giảm của các đặc tính từ do sự suy giảm mức tổn hao do trễ, tốt hơn là hàm lượng Al được thiết lập là nhỏ. Mặt khác, nhờ các nghiên cứu sâu rộng của các

tác giả sáng chế, cũng thấy rõ rằng đặc tính phát triển hạt bị suy giảm và các đặc tính từ bị suy giảm trong thép trong đó hàm lượng Al bị giảm.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu sâu rộng về phương pháp mà có thể kìm hãm sự suy giảm của đặc tính phát triển hạt và cải thiện cả khả năng cán nguội và các đặc tính từ, ngay cả trong trường hợp ở đó hàm lượng Al bị giảm. Kết quả là, đã thấy rằng hữu hiệu là bổ sung Mn có ảnh hưởng bất lợi nhỏ đối với khả năng cán nguội cùng với Si và, hơn nữa, bổ sung tổng hợp một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd và Ti.

Sau đây, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo một phương án của sáng chế (tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế) sẽ được mô tả chi tiết cùng với sự tham khảo FIG. 1.

FIG. 1 là hình vẽ thể hiện cấu trúc của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có nền 11 có thành phần hóa học định trước, như được thể hiện ở FIG. 1. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể chỉ có nền 11, nhưng tốt hơn là còn có lớp phủ cách điện 13 trên bề mặt của nền 11.

Sau đây, trước tiên, nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Về thành phần hóa học của nền

Nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế chứa, tính theo % khối lượng, C: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, Si: từ 3,0% đến 4,0%, Mn: từ 1,2% đến 3,3%, P: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,030%, S: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, sol. Al: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, N: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd: từ 0,0005% đến 0,0200% toàn bộ, Ca: từ 0,0005% đến 0,0100%, Ti: từ 0,0005% đến 0,0100%, Sn: từ 0% đến 0,10%, Sb: từ 0% đến

0,10%, Mg: từ 0% đến 0,0100%, và phần còn lại gồm Fe và các tạp chất, khi giá trị được biểu hiện bằng “Si + 0,5 x Mn” được tính toán bằng cách sử dụng hàm lượng Si và hàm lượng Mn, giá trị này là bằng 3,8% hoặc lớn hơn, và khi giá trị được biểu hiện bằng “Si - 0,5 x Mn” được tính toán bằng cách sử dụng hàm lượng Si và hàm lượng Mn, giá trị này là bằng 2,0% hoặc lớn hơn.

Ngoài ra, nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế tốt hơn là chứa ít nhất là một thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Sn: từ 0,005% đến 0,10% và Sb: từ 0,005% đến 0,10%.

Ngoài ra, nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế tốt hơn là chứa Mg: từ 0,0005% đến 0,0100%.

Sau đây, lý do điều chỉnh thành phần hóa học của nền 11 theo phương án của sáng chế như nêu trên sẽ được mô tả chi tiết. Sau đây, trừ phi được quy định khác, “%” liên quan đến thành phần hóa học là “% khối lượng”.

[C: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%]

Cacbon (C) là thành phần chắc chắn được chứa và thành phần gây ra sự hư hại vì sự tổn hao do sắt (gia tăng mức tổn hao do sắt). Trong trường hợp ở đó hàm lượng C vượt quá 0,0050%, sự hư hại vì sự tổn hao do sắt xảy ra ở tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và không thể thu được các đặc tính từ tốt. Do vậy, ở tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, hàm lượng C được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%. Tốt hơn là, hàm lượng C là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Hàm lượng C càng nhỏ thì càng được ưu tiên hơn. Tuy nhiên, C là thành phần mà chắc chắn được chứa, và giới hạn dưới được thiết lập là lớn hơn 0%. Ngoài ra, khi nỗ lực nhằm làm giảm hàm lượng C nhỏ hơn 0,0005%, thì chi phí gia tăng nhiều. Do vậy, hàm lượng C có thể được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn.

[Si: từ 3,0% đến 4,0%]

Silic (Si) là thành phần mà gia tăng điện trở của thép, bằng cách đó làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy và cải thiện mức tổn hao do sắt ở tần số cao. Ngoài ra, Si có khả năng gia cố dung dịch rắn cao và như vậy là thành phần hữu hiệu cho sự gia cố ở mức độ cao của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Ở tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, sự gia cố ở mức độ cao là được yêu cầu trên quan điểm ngăn chặn sự biến dạng hoặc ngăn chặn sự gãy mỏi trong quá trình quay ở tốc độ cao của các động cơ. Để đạt được hiệu quả nêu trên một cách đầy đủ, điều cần thiết là hàm lượng Si được thiết lập đến bằng 3,0% hoặc lớn hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Si là bằng 3,1% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là bằng 3,2% hoặc lớn hơn.

Đồng thời, trong trường hợp ở đó hàm lượng Si vượt quá 4,0%, khả năng gia công bị suy giảm đáng kể, và trở nên khó thực hiện sự cán nguội hoặc tấm thép gãy trong khi cán nguội (tức là, khả năng cán nguội bị suy giảm). Do vậy, hàm lượng Si được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,0%. Tốt hơn là, hàm lượng Si là nhỏ hơn hoặc bằng 3,9% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,8%.

[Mn: từ 1,2% đến 3,3%]

Mangan (Mn) là thành phần hữu hiệu để gia tăng điện trở, bằng cách đó làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy và cải thiện mức tổn hao do sắt ở tần số cao. Ngoài ra, Mn là thành phần mà có khả năng gia cố dung dịch rắn nhỏ hơn so với Si, nhưng không làm suy giảm khả năng gia công, và có thể góp phần vào sự gia cố ở mức độ cao. Để đạt được hiệu quả nêu trên một cách đầy đủ, điều cần thiết là hàm lượng Mn được thiết lập đến lớn hơn hoặc bằng 1,2%. Tốt hơn là, hàm lượng Mn là lớn hơn hoặc bằng 1,3%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 1,4%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 1,5%.

Trong khi đó, trong trường hợp ở đó hàm lượng Mn vượt quá 3,3%, mật độ từ thông bị giảm đáng kể. Do vậy, hàm lượng Mn được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,3%. Tốt hơn là, hàm lượng Mn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,2%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,1%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%.

[P: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,030%]

Phospho (P) là thành phần mà làm suy giảm đáng kể khả năng gia công và làm cho quá trình cán nguội trở nên khó khăn, trong thép hợp kim cao ở đó hàm lượng Si và hàm lượng Mn là lớn. Do vậy, hàm lượng P được thiết lập nhỏ hơn 0,030%. Tốt hơn là, hàm lượng P là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%.

Hàm lượng P càng nhỏ thì càng được ưu tiên. Tuy nhiên, P là thành phần mà chắc chắn được chứa, và giới hạn dưới được thiết lập là lớn hơn 0%. Khi hàm lượng P được thiết lập nhỏ hơn 0,001%, thì chi phí gia tăng đáng kể. Do vậy, tốt hơn là giới hạn dưới được thiết lập đến bằng 0,001% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là bằng 0,002% hoặc lớn hơn.

[S: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%]

Lưu huỳnh (S) là thành phần mà chắc chắn được chứa. Ngoài ra, S là thành phần mà gia tăng sự tổn hao do sắt bởi sự tạo ra các kết tủa nhỏ của MnS và là suy giảm các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Do vậy, điều cần thiết là hàm lượng S được thiết lập là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%. Tốt hơn là, hàm lượng S là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%.

Hàm lượng S càng nhỏ thì càng được ưu tiên. Tuy nhiên, S là thành phần mà chắc chắn được chứa, và giới hạn dưới được thiết lập là lớn hơn 0%. Khi các nỗ lực nhằm làm giảm hàm lượng S đến mức nhỏ hơn 0,0001%, thì chi phí gia tăng nhiều. Do vậy, tốt hơn là hàm lượng S được thiết lập đến bằng 0,0001% hoặc lớn hơn.

[sol. Al: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%]

Nhôm (Al) là thành phần mà làm tăng điện trở của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, bằng cách đó làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy và cải thiện mức tổn hao do sắt ở tần số cao, khi tạo ra dung dịch rắn trong thép. Tuy nhiên, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, Mn mà là thành phần mà làm tăng điện trở mà không làm suy giảm khả năng gia công nên được tích cực chứa nhiều hơn là Al. Do vậy, không cần phải tích cực chứa Al. Ngoài ra, khi

lượng sol. Al (Al có thể tan trong axit) vượt quá 0,0040%, nitrua mìn bị kết tủa trong thép, sự phát triển hạt trong quá trình ủ tấm được cán nóng hoặc quá trình ủ sau cùng bị suy giảm, và các đặc tính từ bị suy giảm. Do vậy, lượng sol. Al được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Tốt hơn là, lượng sol. Al là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%.

Trong khi đó, Al là thành phần mà chắc chắn được chứa, và giới hạn dưới được thiết lập lớn hơn 0%. Khi các nỗ lực nhằm làm giảm lượng sol. Al nhỏ hơn 0,0001%, thì chi phí bị gia tăng nhiều. Do vậy, lượng sol. Al có thể được thiết lập đến lớn hơn hoặc bằng 0,0001%.

[N: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%]

Nitơ (N) là thành phần mà chắc chắn được chứa. Ngoài ra, N là thành phần mà gia tăng sự tổn hao do sắt bởi sự tạo ra nitrua mìn trong thép và làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Do vậy, điều cần thiết là hàm lượng N được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Tốt hơn là, hàm lượng N là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%.

Trong khi đó, N là thành phần mà chắc chắn được chứa, và giới hạn dưới được thiết lập lớn hơn 0%. Ngoài ra, hàm lượng N càng nhỏ thì càng được ưu tiên. Khi các nỗ lực nhằm làm giảm hàm lượng N nhỏ hơn 0,0001%, thì chi phí bị gia tăng nhiều. Do vậy, hàm lượng N có thể được thiết lập đến bằng 0,0001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N tốt hơn nữa là bằng 0,0003% hoặc lớn hơn.

[Ti: từ 0,0005% đến 0,0100%]

Titan (Ti) chắc chắn được chứa trong nguyên liệu thô của Mn hoặc Si. Ti là thành phần mà liên kết với C, N, O, hoặc thành phần tương tự trong nền, tạo ra kết tủa mìn như TiN, TiC, hoặc Ti oxit, làm suy yếu sự phát triển của các hạt trong khi ủ, và làm suy giảm các đặc tính từ. Do vậy, trong lĩnh vực liên quan, để làm giảm hết mức hàm lượng Ti trong nền, Mn hoặc Si có độ tinh khiết cao được sử dụng làm nguyên liệu thô.

Tuy nhiên, nhờ các nghiên cứu của các tác giả sáng chế, đã thấy rõ rằng đặc tính phát triển hạt có thể được duy trì mà không suy giảm sự phát triển của các hạt trong quá trình ủ bằng cách bổ sung tổng hợp một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd, mà sẽ được mô tả dưới đây, cùng với Ti. Lý do về điều này là chưa rõ ràng nhưng được cho là kết tủa mịn được tạo ra như TiN, TiC, hoặc Ti oxit kết hợp với hợp chất của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd, bị làm to ra, và trở thành kết tủa lớn hơn mà không làm suy giảm sự phát triển của các hạt. Tức là, người ta cho rằng sự tạo ra kết tủa thô làm giảm kết tủa mịn mà làm suy yếu sự phát triển hạt và ngăn chặn sự suy giảm của đặc tính phát triển hạt.

Hơn nữa, trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, để làm giảm hết mức hàm lượng Ti trong nền, người ta đã nỗ lực gia tăng độ tinh khiết của nguyên liệu thô, nhưng có thể tránh được ảnh hưởng bất lợi của Ti bằng cách bổ sung một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd, và như vậy không nhất thiết phải tốn nhiều chi phí trong quá trình tinh chế nguyên liệu thô. Kết quả là, có thể sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có tính năng cao ở mức chi phí thấp hơn.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd được bổ sung, do vậy đặc tính phát triển hạt có thể được bảo đảm ngay cả khi Ti được trộn vào trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng từ nguyên liệu thô. Do vậy, sự gia tăng quá nhiều chi phí cho độ tinh khiết của nguyên liệu thô là không cần thiết. Xét về chi phí, việc sử dụng nguyên liệu thô của Mn hoặc Si chứa Ti được tính đến, và hàm lượng Ti được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp ở đó hàm lượng Ti vượt quá 0,0100%, khó ngăn chặn ảnh hưởng bất lợi của Ti ngay cả khi lượng tối đa chấp nhận được của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd được bổ sung. Do vậy, hàm lượng Ti được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%. Để thể hiện rõ hơn hiệu quả cải thiện đặc tính phát triển hạt bằng cách bổ sung tổng hợp một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd và đạt được sự giảm chi phí, hàm lượng Ti tốt hơn là bằng 0,0015% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0080% và tốt hơn nữa là bằng 0,0025% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn hoặc bằng

0,0060%.

[Một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd: từ 0,0005% đến 0,0200% toàn bộ]

La, Ce, Pr, và Nd là các thành phần mà liên kết với S và tạo ra các sulfua thô và/hoặc các lưu huỳnh oxit thô, nhờ đó kìm hãm sự kết tủa của MnS mịn và thúc đẩy sự phát triển hạt trong khi ủ. Hơn nữa, La, Ce, Pr, và Nd là các thành phần mà kết tủa các kết tủa mịn như TiN, TiC, hoặc Ti oxit mà được tạo ra do Ti ở sulfua thô và/hoặc lưu huỳnh oxit thô, cải thiện đặc tính phát triển hạt, và cải thiện các đặc tính từ. Để đạt được các hiệu quả nêu trên, điều cần thiết là lượng của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn tính theo tổng. Mặt khác, trong trường hợp ở đó lượng của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd vượt quá 0,0200% tính theo tổng, hiệu quả làm tăng kích cỡ hạt kết tủa mịn nêu trên bị bão hòa, mà gây bất lợi về mặt kinh tế, là không được ưu tiên. Do vậy, lượng của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd được thiết lập đến bằng 0,0200% hoặc nhỏ hơn tính theo tổng. Lượng của một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd tốt hơn là bằng 0,0010% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0150% tính theo tổng và tốt hơn nữa là bằng 0,0020% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100% tính theo tổng.

[Ca: từ 0,0005% đến 0,0100%]

Canxi (Ca) là thành phần mà liên kết với S và tạo ra hợp chất thô, nhờ đó kìm hãm sự kết tủa của MnS mịn và thúc đẩy sự phát triển hạt trong khi ủ. Hơn nữa, Ca là thành phần hữu hiệu để tránh sự làm tắc vòi phun được gây ra bởi oxit trong khi cán liên tục khi được chứa cùng với một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd. Để đạt được các hiệu quả nêu trên, điều cần thiết là hàm lượng Ca được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn và tốt hơn là bằng 0,0010% hoặc lớn hơn.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng Ca vượt quá 0,0100%, hiệu quả cải thiện đặc tính phát triển hạt nêu trên hoặc hiệu quả ngăn chặn sự làm tắc vòi phun bị bão hòa, mà gây bất lợi về mặt kinh tế. Hàm lượng Ca tốt hơn là được thiết lập đến

nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%. Hàm lượng Ca tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0080% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%.

[Sn: từ 0% đến 0,10%]

[Sb: từ 0% đến 0,10%]

Thiếc (Sn) và antimon (Sb) là các thành phần hữu ích mà bảo đảm sự tồn hao do sắt ở mức thấp bằng cách phân tách trên bề mặt và ức chế sự oxy hóa hoặc sự thâm nitơ trong khi ủ. Do vậy, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, để đạt được hiệu quả nêu trên, ít nhất là một thành phần bất kỳ trong số Sn hoặc Sb có thể được chứa trong nền. Để đạt được đầy đủ hiệu quả nêu trên, lượng Sn hoặc Sb tốt hơn là bằng 0,005% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là bằng 0,010% hoặc lớn hơn.

Mặt khác, trong trường hợp ở đó lượng Sn hoặc Sb vượt quá 0,10%, có khả năng là tính dễ kéo sợi của nền suy giảm và trở nên khó cán nguội. Do vậy, ngay cả trong trường hợp ở đó Sn hoặc Sb được chứa, tốt hơn là lượng Sn hoặc Sb được thiết lập đến bằng 0,10% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là bằng 0,05% hoặc nhỏ hơn.

Sn và Sb là các thành phần tùy ý và không nhất thiết là phải có mặt, và giới hạn dưới là 0%.

[Mg: từ 0% đến 0,0100%]

Magie (Mg) liên kết với S và tạo ra hợp chất thô. Khi hợp chất thô của Mg và S được tạo ra, sự kết tủa của MnS mịn bị kìm hãm, và sự phát triển hạt trong quá trình ủ được tăng tốc, mà có lợi để bảo đảm sự tồn hao do sắt ở mức thấp. Do vậy, trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, để đạt được hiệu quả nêu trên, Mg có thể được bổ sung. Để đạt được đầy đủ hiệu quả này, hàm lượng Mg tốt hơn là được thiết lập đến bằng 0,0005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp ở đó hàm lượng Mg vượt quá 0,0100%, hiệu quả cải thiện đặc tính phát triển hạt nêu trên bị bão hòa, mà gây bất lợi về mặt kinh tế, là không được ưu tiên. Do vậy, hàm lượng Mg tốt hơn là được thiết lập đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100% . trong trường hợp

ở đó Mg được bổ sung vào nền, hàm lượng Mg tốt hơn nữa là bằng 0,0050% hoặc nhỏ hơn

Mg là thành phần tùy ý và không nhất thiết phải có mặt, và như vậy giới hạn dưới là 0%.

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế về cơ bản bao gồm các thành phần nêu trên cùng với phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất. Tuy nhiên, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể còn chứa các thành phần như niken (Ni), crom (Cr), đồng (Cu), và molybden (Mo) ngoài các thành phần nêu trên. Khi các thành phần nêu trên được chứa ở lượng bằng 0,50% hoặc nhỏ hơn, tác dụng của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế không bị suy giảm.

Ngoài ra, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thể còn chứa, ngoài các thành phần nêu trên, các thành phần như chì (Pb), bismut (Bi), vanadi (V), arsen (As), và bo (B). Khi các thành phần nêu trên được chứa ở lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, tác dụng của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế không bị suy giảm.

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, một khi các lượng của các thành phần tương ứng được điều chỉnh như nêu trên, cần điều chỉnh hàm lượng Si và hàm lượng Mn để thỏa mãn mối tương quan định trước.

[Si + 0,5 x Mn: bằng 3,8% hoặc lớn hơn]

Trong trường hợp ở đó sự tổn hao do sắt, cụ thể là, mức tổn hao do sắt ở tần số cao như $W_{10/400}$ mà là mục đích của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế bị giảm (được cải thiện), hữu hiệu để gia tăng điện trở của tấm thép bằng cách hợp kim hóa tấm thép ở mức cao. Đặc biệt, khi Si và Mn được bổ sung đến mức Si + 0,5 x Mn trở nên bằng 3,8% hoặc lớn hơn, có thể tiếp tục giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao. Do vậy, Si + 0,5 x Mn được thiết lập bằng 3,8% hoặc lớn hơn. Si + 0,5 x Mn tốt hơn là bằng 3,9% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là bằng 4,0% hoặc

lớn hơn, và vẫn tốt hơn nữa là bằng 4,4% hoặc lớn hơn.

Giới hạn trên quan trọng của $Si + 0,5 \times Mn$ là giá trị mà được tính từ các giới hạn trên của Si và Mn.

[Si - 0,5 x Mn: bằng 2,0% hoặc lớn hơn]

Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, La, Ce, Pr, Nd, và Ca được chứa ngưng kết S dưới dạng sulfua hoặc oxysulfua. Trong trường hợp này, sự oxy hóa hoặc sự thấm nitơ của bề mặt của tấm thép được tăng tốc, và có vấn đề là các đặc tính từ có thể suy giảm.

Tuy nhiên, khi $Si - 0,5 \times Mn$ được thiết lập đến bằng 2,0 hoặc nhỏ hơn, có khả năng ngăn chặn sự suy giảm của các đặc tính từ. Nguyên nhân về điều này là chưa rõ ràng, nhưng người ta cho rằng, khi $Si - 0,5 \times Mn$ được thiết lập đến bằng 2,0 hoặc nhỏ hơn, lớp oxy hóa mỏng của SiO_2 mịn có khả năng được tạo ra trên bề mặt của tấm thép trong khi gia nhiệt cho quá trình ủ sau cùng, và sự oxy hóa hoặc sự thấm nitơ được kìm hãm ở quá trình ngâm của quá trình ủ sau cùng.

Ngoài ra, Si là thành phần để thúc đẩy sự hình thành pha ferit (tức là, thành phần tạo ferit). Mặt khác, Mn là thành phần thúc đẩy sự hình thành pha austenit (tức là, thành phần tạo austenit). Do vậy, cấu trúc kim loại của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng thay đổi phụ thuộc vào các lượng tương ứng của Si và Mn, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trở thành hệ hợp kim có điểm chuyển hóa hoặc trở thành hệ hợp kim không có điểm chuyển hóa. Trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, cần phải gia tăng thích hợp đường kính hạt trung bình trong nền, và quá trình chế tạo tấm thép kỹ thuật điện không định hướng dưới dạng hệ hợp kim không có điểm chuyển hóa là phương pháp hữu hiệu để gia tăng đường kính hạt. Do vậy, các lượng tương ứng của Si và Mn tốt hơn là thỏa mãn mối tương quan định trước sao cho tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trở thành hệ hợp kim không có điểm chuyển hóa.

Theo các nghiên cứu của các tác giả sáng chế, khả năng thúc đẩy sự hình

thành pha austenit (nói cách khác, tác dụng phủ định khả năng thúc đẩy sự hình thành pha ferit) của Mn được cho là gấp khoảng 0,5 lần khả năng thúc đẩy sự hình thành pha ferit của Si. Do vậy, mức tương đương của khả năng thúc đẩy sự hình thành pha ferit trong phương án của sáng chế có thể được biểu hiện dưới dạng “Si - 0,5 x Mn” dựa trên hàm lượng Si.

Trong trường hợp ở đó giá trị của Si - 0,5 x Mn nhỏ hơn 2,0%, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng trở thành hệ hợp kim có điểm chuyển hóa. Kết quả là, trong suốt quá trình xử lý ở nhiệt độ cao trong quy trình chế tạo, cấu trúc kim loại của tấm thép không trở thành pha ferit đơn, và có vấn đề là các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có thể bị suy giảm. Do vậy, giá trị của Si - 0,5 x Mn được thiết lập đến bằng 2,0% hoặc lớn hơn và tốt hơn là bằng 2,1% hoặc lớn hơn.

Trong khi đó, giá trị giới hạn trên của Si - 0,5 x Mn không bị điều chỉnh cụ thể, nhưng giá trị của Si - 0,5 x Mn không vượt quá 3,4% bởi các khoảng giá trị của hàm lượng Si và hàm lượng Mn trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế. Do vậy, giá trị giới hạn trên của Si - 0,5 x Mn về cơ bản là 3,4%.

Như vậy, thành phần hóa học của nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế đã được mô tả chi tiết.

Trong trường hợp ở đó thành phần hóa học của nền trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng được đo sau đó, có thể sử dụng nhiều loại phương pháp đo đã biết. Ví dụ, phương pháp trắc phổ phát xạ phóng tia lửa điện hoặc phương pháp phân tích theo phổ phát xạ ánh sáng ICP có thể được sử dụng, trong trường hợp ở đó C và S được đo chính xác, phương pháp hấp thụ hồng ngoại-đốt cháy có thể được sử dụng, và trong trường hợp ở đó O và N được đo chính xác, phương pháp hấp thụ hồng ngoại-nóng chảy khí trơ / phương pháp dẫn nhiệt, hoặc phương pháp tương tự có thể được sử dụng một cách thích hợp.

Về độ dày tấm của nền

Độ dày tấm (độ dày t ở FIG. 1) của nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế tốt hơn là được thiết lập đến bằng 0,40mm hoặc nhỏ hơn để làm giảm mức tổn hao do sắt ở tần số cao bằng cách làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy. Trong khi đó, trong trường hợp ở đó độ dày tấm t của nền 11 nhỏ hơn 0,10mm, độ dày tấm là mỏng, và như vậy có khả năng là sự tạo ren của dây chuyên ử có thể trở nên khó khăn. Do vậy, độ dày tấm t của nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 tốt hơn là được thiết lập đến bằng 0,10mm hoặc lớn hơn và bằng 0,40mm hoặc nhỏ hơn. Độ dày tấm t của nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 tốt hơn nữa là bằng 0,15mm hoặc lớn hơn và bằng 0,35mm hoặc nhỏ hơn.

Như vậy, nền 11 trong tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế đã được mô tả chi tiết.

Về lớp phủ cách điện

Tiếp theo, lớp phủ cách điện 13 mà tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế tốt hơn là nên có sẽ được mô tả đơn giản.

Để cải thiện các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, quan trọng là làm giảm sự tổn hao do sắt. Sự tổn hao do sắt được hình thành bởi sự tổn hao do dòng xoáy và sự tổn hao do trễ. Khi lớp phủ cách điện 13 được tạo ra trên bề mặt của nền 11, nó có thể ngăn chặn sự dẫn điện giữa các tấm thép kỹ thuật điện được cán mỏng làm lõi sắt và làm giảm sự tổn hao do dòng xoáy của lõi sắt, và như vậy có thể tiếp tục cải thiện các đặc tính từ thực sự của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10.

Ở đây, lớp phủ cách điện 13 mà tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có không bị giới hạn cụ thể miễn là lớp phủ cách điện có thể được sử dụng làm lớp phủ cách điện cho các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng, và có thể sử dụng các lớp phủ cách điện đã biết. Lớp phủ cách điện như nêu trên, ví dụ, các lớp phủ cách điện hỗn hợp chủ yếu bao gồm chất vô cơ làm thành phần chính và còn bao gồm chất hữu cơ có thể được đề cập. Ở đây, lớp phủ cách điện hỗn

hợp là để chỉ lớp phủ cách điện mà gồm có ít nhất là chất vô cơ bất kỳ, ví dụ, muối kim loại của axit cromic, muối kim loại của axit phosphoric, silic oxit dạng keo, hợp chất Zr, hợp chất Ti, hoặc chất tương tự làm thành phần chính và trong đó các hạt mịn của nhựa hữu cơ được phân tán. Cụ thể, từ quan điểm giảm tải cho môi trường trong khi sản xuất, mà ngày càng được quan tâm trong những năm gần đây, các lớp phủ cách điện mà sử dụng muối kim loại của axit phosphoric, chất kết hợp Zr hoặc Ti, hoặc muối carbonat hoặc muối amoni của chúng làm nguyên liệu khởi đầu được ưu tiên sử dụng.

Lượng kết dính của lớp phủ cách điện 13 như nêu trên không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được thiết lập đến, ví dụ, bằng $0,1\text{g/m}^2$ hoặc lớn hơn và bằng $2,0\text{g/m}^2$ hoặc nhỏ hơn trên một mặt của bề mặt và tốt hơn nữa là được thiết lập đến bằng $0,3\text{g/m}^2$ hoặc lớn hơn và bằng $1,5\text{ g/m}^2$ hoặc nhỏ hơn trên một mặt của bề mặt. Khi lớp phủ cách điện 13 được tạo ra đạt được lượng kết dính nêu trên, thì có thể duy trì được sự đồng nhất tuyệt vời. Trong trường hợp mà lượng kết dính của lớp phủ cách điện 13 được đo sau đó, có thể sử dụng nhiều loại phương pháp đo đã biết. Lượng kết dính của lớp phủ cách điện 13 có thể được tính từ, ví dụ, sự chênh lệch về khối lượng trước và sau khi loại bỏ lớp phủ cách điện 13 bằng cách nhúng tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 có lớp phủ cách điện 13 được tạo ra vào dung dịch kiềm nhiệt để chỉ loại bỏ lớp phủ cách điện 13.

Về phương pháp đo các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có cấu trúc nêu trên và như vậy có các đặc tính từ tuyệt vời. Ở đây, nhiều loại các đặc tính từ được thể hiện bởi tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế có thể được đo trên cơ sở phương pháp Epstein được quy định trong JIS C2550 hoặc phương pháp đo các đặc tính từ của tấm đơn (thiết bị thử nghiệm tấm đơn: SST) được quy định trong JIS C2556.

Như vậy, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của

sáng chế đã được mô tả chi tiết với sự tham khảo FIG. 1.

Về phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 được ưu tiên theo phương án của sáng chế như nêu trên sẽ được mô tả đơn giản với sự tham khảo FIG. 2.

FIG. 2 là hình vẽ thể hiện một ví dụ về lưu đồ của phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế.

Trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế, sự cán nóng, sự ủ tấm được cán nóng, sự tẩy gỉ, sự cán nguội, và sự ủ sau cùng liên tục được thực hiện trên thỏi thép có thành phần hóa học định trước như nêu trên. Ngoài ra, trong trường hợp ở đó lớp phủ cách điện 13 được tạo ra trên bề mặt của nền 11, lớp phủ cách điện được tạo ra sau quá trình ủ sau cùng. Sau đây, các bước riêng biệt được tiến hành trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Bước cán nóng

Trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, trước tiên, thỏi thép (tấm) có thành phần hóa học nêu trên được nung, và thỏi thép đã nung được cán nóng, bằng cách đó thu được tấm thép được cán nóng (bước S101). Mặc dù nhiệt độ nung của thỏi thép mà được đem đi cán nóng không bị điều chỉnh cụ thể, ví dụ, tốt hơn là được thiết lập nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1300°C. Nhiệt độ nung của thỏi thép tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1250°C.

Ngoài ra, mặc dù độ dày tấm của tấm thép được cán nóng sau khi cán nóng không bị điều chỉnh cụ thể, ví dụ, tốt hơn là được thiết lập đến đến nằm trong khoảng từ 1,6mm đến 3,5mm xét về độ dày tấm sau cùng của nền. Bước cán nóng tốt hơn là được kết thúc trong khi nhiệt độ của tấm thép nằm trong khoảng từ 700°C đến 1000°C. Nhiệt độ kết thúc sự cán nóng tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 750°C đến 950°C.

Bước ủ tấm được cán nóng

Sau khi cán nóng, bước ủ tấm được cán nóng (ủ đối với tấm thép được cán nóng) được tiến hành (bước S103). Trong trường hợp ủ liên tục, đối với tấm thép được cán nóng, ví dụ, tốt hơn là thực hiện bước ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 1200°C bao gồm ngâm trong 10 giây đến 10 phút. Ngoài ra, trong trường hợp ủ hộp, đối với tấm thép được cán nóng, ví dụ, tốt hơn là thực hiện bước ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650°C đến 950°C bao gồm ngâm trong 30 phút đến 24 giờ.

Bước ủ tấm được cán nóng có thể không được tiến hành nhằm làm giảm chi phí mặc dù các đặc tính từ hơi suy giảm so với trường hợp mà bước ủ tấm được cán nóng được thực hiện.

Bước tẩy gỉ

Sau bước ủ tấm được cán nóng, bước tẩy gỉ được tiến hành (bước S105). Do vậy, lớp xỉ gồm có oxit làm thành phần chính mà được tạo ra trên bề mặt của tấm thép trong quá trình ủ tấm được cán nóng được loại bỏ. Trong trường hợp mà tấm được cán nóng được xử lý bằng cách ủ hộp, tốt hơn là bước tẩy gỉ được tiến hành trước khi ủ tấm được cán nóng xét về đặc tính làm sạch gỉ.

Bước cán nguội

Sau bước tẩy gỉ (cũng sau bước ủ tấm được cán nóng trong trường hợp mà bước ủ tấm được cán nóng được tiến hành bằng cách ủ hộp), trên tấm thép được cán nóng, bước cán nguội được tiến hành (bước S107). Trong bước cán nguội, tấm được tẩy gỉ mà gỉ đã được loại bỏ khỏi đó tốt hơn là được cán ở sự giảm tốc độ cán mà độ dày tấm sau cùng của nền nằm trong khoảng từ 0,10mm đến 0,40mm.

Bước ủ sau cùng

Sau bước cán nguội, đối với tấm thép được cán nguội thu được bởi bước cán nguội, bước ủ sau cùng được tiến hành (bước S109). Trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, quá trình tăng

nhệt độ trong bước ủ sau cùng tốt hơn là sự gia nhiệt nhanh. Khi sự gia nhiệt trong quá trình tăng nhiệt độ được tiến hành nhanh chóng, kết cấu tái kết tinh có lợi cho các đặc tính từ được tạo ra trong nền 11. Trong trường hợp mà quá trình tăng nhiệt độ trong bước ủ sau cùng là sự gia nhiệt nhanh, quá trình ủ sau cùng tốt hơn là được tiến hành bằng cách ủ liên tục.

Đặc biệt, trong quá trình tăng nhiệt độ, tốc độ tăng nhiệt độ trung bình tốt hơn là được thiết lập nằm trong khoảng từ 1°C/giây đến 2000°C/giây. Ngoài ra, môi trường trong lò nung trong khi tăng nhiệt độ tốt hơn là được thiết lập là môi trường hỗn hợp của H_2 và N_2 (tức là, $H_2 + N_2 = 100\%$ thể tích) trong đó phần H_2 chiếm 10% thể tích đến 100% thể tích, và điểm sương của môi trường tốt hơn là được thiết lập đến 30°C hoặc thấp hơn. Tốt hơn nữa là, tốc độ tăng nhiệt độ trung bình là từ 5°C/giây đến 1500°C/giây, và phần H_2 trong môi trường tốt hơn nữa là chiếm từ 15% thể tích đến 90% thể tích, và điểm sương của môi trường tốt hơn nữa là bằng 20°C hoặc thấp hơn và vẫn tốt hơn nữa là bằng 10°C hoặc thấp hơn. Tốc độ gia nhiệt trung bình nêu trên có thể được thực hiện bằng cách sử dụng sự gia nhiệt trực tiếp hoặc sự gia nhiệt gián tiếp trong đó ống bức xạ được sử dụng hoặc sử dụng phương pháp gia nhiệt đã biết khác như gia nhiệt kích thích hoặc gia nhiệt cảm ứng trong trường hợp gia nhiệt bằng sự đốt cháy khí.

Trong quá trình ngâm sau quá trình tăng nhiệt độ, tốt hơn là nhiệt độ ngâm được thiết lập nằm trong khoảng từ 700°C đến 1100°C, thời gian ngâm được thiết lập từ 1 giây đến 300 giây, môi trường được thiết lập là môi trường hỗn hợp của H_2 và N_2 (tức là, $H_2 + N_2 = 100\%$ thể tích) trong đó phần H_2 chiếm từ 10% thể tích đến 100% thể tích, và điểm sương của môi trường được thiết lập là bằng 20°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ ngâm tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 750°C đến 1050°C, và phần H_2 trong môi trường tốt hơn nữa là chiếm từ 15% thể tích đến 90% thể tích, và điểm sương của môi trường tốt hơn nữa là bằng 10°C hoặc thấp hơn và vẫn tốt hơn nữa là bằng 0°C hoặc thấp hơn.

Trong quá trình làm nguội sau khi ngâm, tầm thép được cán nguội tốt hơn là được làm nguội đến 200°C hoặc thấp hơn ở tốc độ làm nguội trung bình là 1°C/giây

đến 50°C/giây. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn nữa là từ 5°C/giây đến 30°C/giây.

Theo phương pháp sản xuất bao gồm các quá trình nêu trên, có thể sản xuất được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng 10 theo phương án của sáng chế.

Bước tạo lớp phủ cách điện

Sau quá trình ủ sau cùng, bước tạo lớp phủ cách điện được tiến hành nếu cần (bước S111). Bước tạo lớp phủ cách điện không bị giới hạn cụ thể, và sự phủ và làm khô chất lỏng xử lý có thể được tiến hành bằng phương pháp đã biết bằng cách sử dụng chất lỏng xử lý phủ cách điện đã biết như nêu trên.

Trên bề mặt của nền trên đó lớp phủ cách điện được tạo ra, quá trình xử lý sơ bộ tùy ý như sự tẩy nhờn bằng cách sử dụng chất kiềm hoặc chất tương tự hoặc quá trình xử lý tẩy gỉ bằng cách sử dụng axit clohydric, axit sulfuric, axit phosphoric, hoặc chất tương tự có thể được tiến hành trước khi phủ chất lỏng xử lý. Sự phủ và làm khô chất lỏng xử lý có thể được tiến hành trên bề mặt mà đã được đem đi ủ sau cùng mà không cần tiến hành quá trình xử lý sơ bộ.

Như vậy, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế đã được mô tả chi tiết với sự tham khảo FIG. 2.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả cụ thể trong khi mô tả các ví dụ. Các ví dụ được đề cập dưới đây chỉ đơn giản là ví dụ về tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo phương án của sáng chế, và tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ dưới đây.

Ví dụ thử nghiệm 1

Các tấm thép chứa thành phần được thể hiện trong bảng 1 dưới đây cùng với phần còn lại gồm Fe và các tạp chất được nung đến nhiệt độ 1150°C và sau đó được cán đến độ dày 2,0mm bằng cách cán nóng. Tiếp theo, các tấm thép đã cán nóng được

ủ ở nhiệt độ ngâm 1000°C trong thời gian ngâm 40 giây trong lò ủ của kiểu ủ liên tục và sau đó được cán nguội, bằng cách đó tạo ra các tấm thép được cán nguội có độ dày 0,25mm. Đối với các tấm thép được cán nguội này, quá trình ủ sau cùng được tiến hành ở nhiệt độ ngâm 1000°C trong thời gian ngâm 15 giây. Ngoài ra, sau đó, dung dịch chứa muối kim loại của axit phosphoric làm thành phần chính và chứa nhũ tương của nhựa acrylic được phủ và được sấy khô cho cả hai bề mặt của các tấm thép để tạo ra các lớp phủ cách điện hỗn hợp, bằng cách đó chế tạo ra các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Quá trình ủ sau cùng được tiến hành ở điểm sương -30°C trong môi trường hỗn hợp của H₂ và N₂ trong đó phần H₂ chiếm 30% thể tích trong quá trình tăng nhiệt độ và quá trình ngâm. Ngoài ra, tốc độ tăng nhiệt độ trung bình trong quá trình tăng nhiệt độ trong khi ủ sau cùng được thiết lập ở 200°C/giây, và tốc độ làm nguội trung bình trong quá trình làm nguội được thiết lập ở 20°C/giây. Sau khi ủ sau cùng, các tấm thép được cán nguội được làm nguội đến 200°C hoặc thấp hơn.

Trong bảng 1, “Tr.” biểu thị rằng thành phần tương ứng không được bổ sung có chủ đích. Ngoài ra, các đường gạch dưới biểu thị rằng các giá trị không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Sau đó, đối với các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã được tạo ra tương ứng, mật độ từ thông B₅₀ và mức tổn hao do sắt W_{10/400} được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp Epstein được quy định trong JIS C2550. Các kết quả thu được được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1

Thứ nghiệm số		Thành phần của tấm thép (% khối lượng)																			W _{10/400}	B _{50LC}	Lưu ý
		C	Si	Mn	P	S	sol. Al	N	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sn	Sb	Ca	Mg	La + Ce + Pr + Nd	Si-0,5 × Mn	Si+0,5 × Mn	(T)		
1	0,0026	3,6	2,2	0,008	0,0032	0,0021	0,0015	0,0025	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0,023	Tr.	<u>0,0003</u>	Tr.	Tr.	Tr.	2,5	4,7	12,1	1,63	Ví dụ so sánh
2	0,0027	3,6	2,2	0,008	0,0032	0,0022	0,0015	0,0024	0,0038	Tr.	Tr.	Tr.	0,023	Tr.	0,0028	Tr.	0,0038	0,0038	2,5	4,7	11,1	1,65	Ví dụ sáng chế
3	0,0025	3,6	2,2	0,008	0,0031	0,0019	0,0014	0,0035	Tr.	0,0040	Tr.	Tr.	0,022	Tr.	0,0028	Tr.	0,0040	0,0040	2,5	4,7	11,1	1,65	Ví dụ sáng chế
4	0,0025	3,6	2,2	0,008	0,0032	0,0018	0,0014	0,0032	Tr.	Tr.	0,0040	Tr.	0,022	Tr.	0,0030	Tr.	0,0040	0,0040	2,5	4,7	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế
5	0,0024	3,6	2,2	0,008	0,0032	0,0017	0,0013	0,0030	Tr.	Tr.	Tr.	0,0042	0,023	Tr.	0,0030	Tr.	0,0042	0,0042	2,5	4,7	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế
6	0,0025	3,6	2,2	0,008	0,0031	0,0018	0,0014	0,0028	0,0012	0,0022	0,0003	0,0006	0,022	Tr.	0,0030	Tr.	0,0043	0,0043	2,5	4,7	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế
7	0,0026	3,6	2,2	0,008	0,0017	0,0023	0,0014	0,0025	0,0008	0,0017	Tr.	Tr.	0,022	Tr.	0,0015	Tr.	0,0025	0,0025	2,5	4,7	10,9	1,65	Ví dụ sáng chế
8	0,0027	3,6	2,2	0,008	0,0017	0,0022	0,0013	<u>0,0250</u>	Tr.	0,0024	Tr.	Tr.	0,022	Tr.	0,0016	Tr.	0,0024	0,0024	2,5	4,7	13,0	1,63	Ví dụ so sánh
9	0,0027	3,6	2,2	0,008	0,0017	0,0022	0,0015	0,0023	0,0008	0,0017	Tr.	Tr.	0,023	Tr.	<u>0,0002</u>	Tr.	0,0025	0,0025	2,5	4,7	-	-	Ví dụ so sánh
10	0,0026	3,6	2,2	0,008	0,0026	0,0012	0,0015	0,0033	0,0014	0,0020	0,0003	0,0005	0,023	Tr.	0,0030	Tr.	0,0042	0,0042	2,5	4,7	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế
11	0,0025	3,6	2,2	0,008	0,0025	0,0011	0,0015	0,0030	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0,025	Tr.	0,0030	Tr.	Tr.	Tr.	2,5	4,7	12,0	1,63	Ví dụ so sánh

Từ bảng 1 thấy rõ rằng, thử nghiệm số 1 trong đó tổng lượng của La, Ce, Pr, và Nd và hàm lượng Ca là thấp hơn khoảng giá trị của sáng chế, thử nghiệm số 8 trong đó hàm lượng Ti là cao hơn khoảng giá trị của sáng chế, và thử nghiệm số 11 trong đó tổng lượng của La, Ce, Pr, và Nd là thấp hơn khoảng giá trị theo sáng chế là kém về mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông. Ngoài ra, ở thử nghiệm số 9 trong đó hàm lượng Ca là thấp hơn khoảng giá trị của sáng chế, vòi phun bị tắc trong khi cán liên tục, và như vậy quy trình chế tạo tấm thép kỹ thuật điện không định hướng bị buộc phải từ bỏ. Mặt khác, các thử nghiệm số 2, 3, 4, 5, 6, 7, và 10 trong đó các thành phần hóa học của các tấm thép là nằm trong phạm vi của sáng chế đều có mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông tuyệt vời.

Ví dụ thử nghiệm 2

Các tấm thép chứa thành phần được thể hiện trong bảng 2 với phần còn lại gồm Fe và các tạp chất được nung đến nhiệt độ 1150°C và sau đó được cán đến độ dày 2,0mm bằng cách cán nóng. Tiếp theo, các tấm thép đã cán nóng được ủ trong lò ủ kiểu ủ liên tục dưới các điều kiện trong đó nhiệt độ ngâm là 1000°C và thời gian ngâm là 40 giây và sau đó được cán nguội, bằng cách đó thu được các tấm thép được cán nguội có độ dày 0,25mm. Tiếp theo, đối với các tấm thép được cán nguội này, quá trình ủ sau cùng được tiến hành dưới các điều kiện trong đó nhiệt độ ngâm là 1000°C và thời gian ngâm là 15 giây. Hơn nữa, sau đó, dung dịch chứa muối kim loại của axit phosphoric làm thành phần chính và chứa nhũ tương của nhựa acrylic được phủ và được sấy khô cho cả hai bề mặt của các tấm thép để tạo ra các lớp phủ cách điện hỗn hợp, bằng cách đó chế tạo ra các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng.

Ở đây, quá trình ủ sau cùng được tiến hành ở điểm sương môi trường là -30°C trong môi trường hỗn hợp của H₂ và N₂ trong đó phần H₂ chiếm 20% thể tích trong quá trình tăng nhiệt độ và quá trình ngâm. Ngoài ra, tốc độ tăng nhiệt độ trung bình trong quá trình tăng nhiệt độ trong khi ủ sau cùng được thiết lập đến 20°C/giây, và tốc độ làm nguội trung bình trong quá trình làm nguội được thiết lập đến 20°C/giây. Sau quá trình ủ sau cùng, các tấm thép được cán nguội được làm nguội đến nhiệt độ 200°C hoặc thấp hơn.

Trong bảng 2, “Tr.” biểu thị rằng thành phần tương ứng không được bổ sung có chủ đích. Ngoài ra, các đường gạch dưới biểu thị rằng các giá trị này không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Sau đó, đối với các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã được tạo ra tương ứng, mật độ từ thông B_{50} và mức tổn hao do sắt $W_{10/400}$ được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp Epstein được quy định trong JIS C2550. Các kết quả thu được cũng được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 2

Đang Z

Thứ nhịệm số	Thành phần của thép tấm (% khối lượng)																			W _{10/400}	B _{50LC}	Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	sol. Al	N	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sn	Sb	Ca	Mg	La + Ce + Pr + Nd	Si-0,5 × Mn	Si+0,5 × Mn	(W/kg)	(T)	
12	0,0020	3,6	2,8	0,005	0,0014	0,0015	0,0016	0,0033	Tr.	Tr.	Tr.	0,0015	Tr.	Tr.	0,0015	Tr.	0,0015	2,2	5,0	10,4	1,64	Ví dụ sáng chế
13	0,0025	3,6	2,8	0,008	0,0029	0,0010	0,0017	0,0032	0,0007	0,0015	Tr.	0,0003	Tr.	Tr.	0,0021	0,0010	0,0025	2,2	5,0	10,4	1,64	Ví dụ sáng chế
14	0,0024	3,6	2,8	0,055	0,0013	0,0009	0,0016	0,0033	Tr.	Tr.	Tr.	0,0016	Tr.	Tr.	0,0014	Tr.	0,0016	2,2	5,0	-	-	Ví dụ so sánh
15	0,0018	3,5	2,7	0,009	0,0007	0,0009	0,0015	0,0022	0,0006	0,0010	Tr.	Tr.	0,012	Tr.	0,0012	Tr.	0,0016	2,2	4,9	10,6	1,65	Ví dụ sáng chế
16	0,0022	3,5	2,7	0,008	0,0025	0,0015	0,0017	0,0011	0,0008	0,0012	0,0002	0,0004	0,025	Tr.	0,0025	Tr.	0,0026	2,2	4,9	10,5	1,65	Ví dụ sáng chế
17	0,0025	3,5	2,7	0,008	0,0026	0,0058	0,0018	0,0012	0,0009	0,0011	0,0002	0,0004	0,026	Tr.	0,0024	Tr.	0,0026	2,2	4,9	12,0	1,63	Ví dụ so sánh
18	0,0021	3,4	2,6	0,007	0,0019	0,0008	0,0013	0,0032	0,0009	0,0016	Tr.	Tr.	0,032	Tr.	0,0018	Tr.	0,0025	2,1	4,7	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế
19	0,0024	3,4	2,6	0,008	0,0032	0,0013	0,0016	0,0023	0,0010	0,0015	0,0003	0,0006	0,051	Tr.	0,0032	Tr.	0,0034	2,1	4,7	10,9	1,66	Ví dụ sáng chế
20	0,0027	3,4	2,6	0,010	0,0021	0,0012	0,0015	0,0023	0,0008	0,0016	Tr.	Tr.	Tr.	0,030	0,0020	Tr.	0,0024	2,1	4,7	10,9	1,66	Ví dụ sáng chế
21	0,0024	3,4	3,2	0,008	0,0024	0,0011	0,0015	0,0025	0,0008	0,0016	Tr.	Tr.	Tr.	0,031	0,0024	Tr.	0,0024	1,8	5,0	12,1	1,62	Ví dụ so sánh
22	0,0023	3,9	3,6	0,007	0,0020	0,0010	0,0015	0,0024	0,0007	0,0013	Tr.	Tr.	0,026	Tr.	0,0022	Tr.	0,0020	2,1	5,7	12,3	1,61	Ví dụ so sánh
23	0,0029	4,2	2,6	0,007	0,0020	0,0012	0,0018	0,0024	0,0008	0,0014	Tr.	Tr.	0,027	Tr.	0,0020	0,0022	0,0022	2,9	5,5	-	-	Ví dụ so sánh
24	0,0020	3,2	2,3	0,013	0,0015	0,0010	0,0022	0,0021	0,0006	0,0010	Tr.	0,0003	0,029	Tr.	0,0013	Tr.	0,0019	2,1	4,4	11,3	1,66	Ví dụ sáng chế
25	0,0012	3,7	1,6	0,008	0,0020	0,0012	0,0014	0,0018	0,0008	0,0010	Tr.	Tr.	0,025	Tr.	0,0015	Tr.	0,0018	2,9	4,5	10,8	1,66	Ví dụ sáng chế
26	0,0038	3,7	1,6	0,006	0,0022	0,0009	0,0012	0,0019	0,0007	0,0010	Tr.	Tr.	0,026	Tr.	0,0016	Tr.	0,0017	2,9	4,5	11,0	1,65	Ví dụ sáng chế

Về thử nghiệm số 14 trong đó hàm lượng P là cao hơn khoảng giá trị của sáng chế và thử nghiệm số 23 trong đó hàm lượng Si là cao hơn khoảng giá trị của sáng chế nứt gãy trong khi cán nguội, và như vậy quá trình đo từ tính không thể thực hiện được. Ở các thử nghiệm số 12, 13, 15, 16, 18, 19, 20, 24, 25, và 26 trong đó các thành phần hóa học của các tấm thép nằm trong phạm vi của sáng chế, sự cán nguội có thể thực hiện được, và các mức tổn hao do sắt và các mật độ từ thông là tuyệt vời. Trong khi đó, thử nghiệm số 17 trong đó lượng sol. Al là cao hơn khoảng giá trị của sáng chế có mức tổn hao do sắt là kém hơn so với thử nghiệm số 16 trong đó thành phần gần như là giống nhau chỉ trừ sol. Al và nằm trong phạm vi của sáng chế. Ngoài ra, thử nghiệm số 22 trong đó hàm lượng Mn là cao hơn khoảng giá trị của sáng chế có mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông là kém. Ngoài ra, thử nghiệm số 21 trong đó $Si - 0,5 \times Mn$ là thấp hơn khoảng giá trị của sáng chế có mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông là kém.

Ví dụ thử nghiệm 3

Các tấm thép chứa thành phần được thể hiện trong bảng 3 dưới đây cùng với phần còn lại gồm Fe và các tạp chất được nung đến nhiệt độ 1150°C và sau đó được cán đến độ dày 2,0mm bằng cách cán nóng. Tiếp theo, các tấm thép đã cán nóng được ủ trong lò ủ kiểu ủ liên tục dưới các điều kiện trong đó nhiệt độ ngâm là 1000°C và thời gian ngâm là 40 giây và sau đó được cán nguội, bằng cách đó thu được các tấm thép được cán nguội có độ dày 0,25mm. Sau đó, đối với các tấm thép được cán nguội này, quá trình ủ sau cùng được tiến hành dưới các điều kiện trong đó nhiệt độ ngâm là 800°C và thời gian ngâm là 15 giây. Tiếp theo, dung dịch chứa muối kim loại của axit phosphoric làm thành phần chính và chứa nhũ tương của nhựa acrylic được phủ và được sấy khô cho cả hai bề mặt của các tấm thép để tạo ra các lớp phủ cách điện hỗn hợp, bằng cách đó chế tạo ra các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng. Tiếp đó, đối với các tấm thép, quá trình ủ để giảm ứng suất 750°C trong 2 giờ được thực hiện.

Ở đây, quá trình ủ sau cùng được tiến hành ở điểm sương môi trường là -30°C trong môi trường hỗn hợp của H_2 và N_2 trong đó phần H_2 chiếm 20% thể tích trong quá trình tăng nhiệt độ và quá trình ngâm. Ngoài ra, tốc độ tăng nhiệt độ trung bình trong quá trình tăng nhiệt độ trong khi ủ sau cùng được thiết lập đến $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốc

độ làm nguội trung bình trong quá trình làm nguội được thiết lập đến 15°C/giây. Sau quá trình ủ sau cùng, các tấm thép đã cán nguội được làm nguội đến nhiệt độ 200°C hoặc thấp hơn.

Trong bảng 3, “Tr.” biểu thị rằng thành phần tương ứng không được bổ sung có chủ đích. Ngoài ra, các đường gạch dưới biểu thị rằng các giá trị không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Sau đó, đối với các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng đã được tạo ra tương ứng, mật độ từ thông B_{50} và mức tổn hao do sắt $W_{10/400}$ được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp Epstein được quy định trong JIS C2550. Các kết quả thu được được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 3

Thứ nghịem số	Thành phần của thép tám (% khối lượng)																			W _{10/400}	B _{solC}	Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	sol. Al	N	Ti	La	Ce	Pr	Nd	Sn	Sb	Ca	Mg	La + Ce + Pr + Nd	Si-0,5 × Mn	Si+0,5 × Mn	(W/kg)	(T)	
27	0,0023	3,8	1,7	0,008	0,0028	0,0012	0,0020	0,0032	0,0008	0,0017	0,0003	0,0005	0,032	Tr.	0,0026	Tr.	0,0033	3,0	4,7	9,4	1,64	Ví dụ sáng chế
28	0,0024	3,8	1,7	0,008	0,0027	0,0010	0,0009	0,0012	0,0010	0,0021	Tr.	0,0003	0,030	Tr.	0,0030	Tr.	0,0034	3,0	4,7	9,6	1,65	Ví dụ sáng chế
29	0,0024	3,8	1,7	0,008	0,0027	0,0011	0,0019	0,0030	Tr.	Tr.	Tr.	Tr.	0,032	Tr.	<u>0,0003</u>	Tr.	Tr.	3,0	4,7	11,4	1,62	Ví dụ so sánh
30	0,0023	3,0	1,3	0,008	0,0027	0,0010	0,0015	0,0020	0,0008	0,0019	Tr.	Tr.	0,030	Tr.	0,0028	Tr.	0,0027	2,4	<u>3,7</u>	11,5	1,66	Ví dụ so sánh
31	0,0025	3,3	1,3	0,007	0,0026	0,0009	0,0016	0,0022	0,0009	0,0019	Tr.	Tr.	0,028	Tr.	0,0030	Tr.	0,0028	2,7	4,0	10,3	1,66	Ví dụ sáng chế
32	0,0022	3,3	1,5	0,009	0,0035	0,0010	0,0025	0,0035	0,0026	0,0032	0,0004	0,0013	0,028	Tr.	0,0035	Tr.	0,0075	2,6	4,1	10,5	1,65	Ví dụ sáng chế

Các đặc tính từ của các tấm thép kỹ thuật điện không định hướng của các thử nghiệm số riêng biệt của ví dụ thử nghiệm 3 nói chung được cải thiện bằng cách tiến hành quá trình ủ để giảm ứng suất so với trường hợp trong đó quá trình ủ để giảm ứng suất không được thực hiện, và, cụ thể, các thử nghiệm số 27, 28, 31, và 32 trong đó các thành phần hóa học của các tấm thép nằm trong phạm vi của sáng chế có mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông tuyệt vời. Mặt khác, thử nghiệm số 29 trong đó tổng lượng của La, Ce, Pr, và Nd và hàm lượng Ca là thấp hơn khoảng giá trị của sáng chế có mức tổn hao do sắt và mật độ từ thông kém hơn so với thử nghiệm số 27 trong đó thành phần gần như là giống nhau trừ La, Ce, Pr, Nd, và Ca. Ngoài ra, thử nghiệm số 30 trong đó $Si + 0,5 \times Mn$ bị giảm xuống có mức tổn hao do sắt là kém. Như nêu trên, đã thấy rõ rằng, ngay cả trong trường hợp ở đó quá trình ủ để giảm ứng suất được thực hiện, các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo sáng chế được cải thiện.

Như vậy, phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết với sự tham khảo các hình vẽ kèm theo, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ nêu trên. Rõ ràng là người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế có liên quan đến có thể tiến hành các ví dụ cải biến hoặc các ví dụ hiệu chỉnh khác nhau trong phạm vi khái niệm kỹ thuật được nêu trong các điểm yêu cầu bảo hộ, và hiển nhiên là các ví dụ này cũng được hiểu là nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép kỹ thuật điện không định hướng có khả năng cán nguội tốt và các đặc tính từ tuyệt vời, và như vậy sáng chế hoàn toàn có khả năng áp dụng trong công nghiệp.

Mô tả vắn tắt các kí hiệu tham chiếu

- 10 Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng
- 11 Nền
- 13 Lớp phủ cách điện

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tăm thép kỹ thuật điện không định hướng chứa thành phần hóa học là, tính theo % khối lượng,

C: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%;

Si: từ 3,0% đến 4,0%;

Mn: từ 1,2% đến 3,3%;

P: lớn hơn 0% và nhỏ hơn 0,030%;

S: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%;

sol. Al: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%;

N: lớn hơn 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%;

một hoặc nhiều thành phần trong số La, Ce, Pr, và Nd: từ 0,0005% đến 0,0200% tính theo tổng;

Ca: từ 0,0005% đến 0,0100%;

Ti: từ 0,0005% đến 0,0100%;

Sn: từ 0% đến 0,10%;

Sb: từ 0% đến 0,10%;

Mg: từ 0% đến 0,0100%;

tùy ý lần lượt Ni, Cr, Cu và/hoặc Mo ở lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%,

và

phần còn lại là Fe và các tạp chất, trong đó

$Si - 0,5 \times Mn$: bằng 2,0% hoặc lớn hơn, và

$Si + 0,5 \times Mn$: bằng 3,8% hoặc lớn hơn.

2. Tăm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1, trong đó tấm thép này chứa thành phần hóa học là một hoặc hai thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: từ 0,005% đến 0,10%; và

Sb: 0,005% đến 0,10%.

3. Tấm thép kỹ thuật điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó tấm thép này chứa thành phần hóa học là:

Mg: từ 0,0005% đến 0,0100%.

FIG. 1

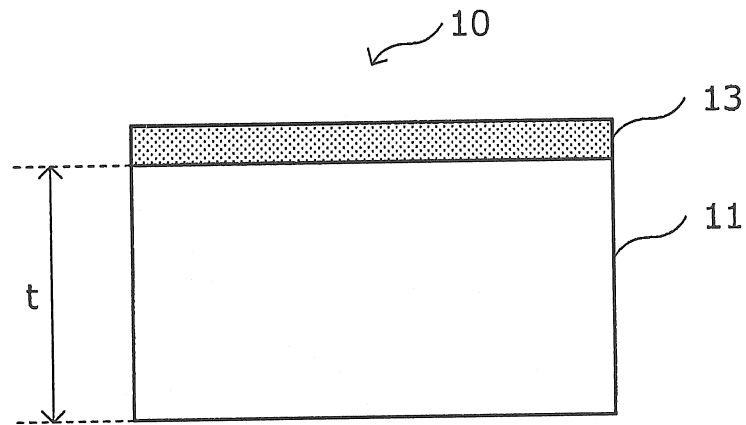


FIG. 2

