



(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)



1-0049164

(51)^{2022.01} C21D 8/12; C22C 38/06; C22C 38/00

(13) B

(21) 1-2023-05442

(22) 19/02/2021

(86) PCT/JP2021/006320 19/02/2021

(87) WO 2022/176154 A1 25/08/2022

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/12/2023 429A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) Yoshihiro ARITA (JP); Takeru ICHIE (JP); Fuminobu MURAKAMI (JP).

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

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

(21) 1-2023-05442

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, trong đó độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 180 Hv trở lên, giá trị thu được bằng cách trừ độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng từ độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng là từ 10 đến 100 Hv, nhiệt độ chuyển tiếp giòn dễ uốn ở cạnh theo chiều rộng là 0°C hoặc thấp hơn, giá trị thu được bằng cách trừ nhiệt độ chuyển tiếp giòn dễ uốn ở cạnh theo chiều rộng từ nhiệt độ chuyển tiếp giòn dễ uốn ở tâm theo chiều rộng là từ 10 đến 100°C, và giá trị thu được bằng cách trừ độ dày của tấm ở tâm theo chiều rộng từ độ dày của tấm ở cạnh theo chiều rộng là 50 μm hoặc nhỏ hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

[0001]

Sáng chế đề cập tới tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng và phương pháp để sản xuất tấm thép cán nóng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

[0002]

Trong những năm gần đây, nhu cầu tiết kiệm năng lượng trong các thiết bị điện trên toàn thế giới ngày càng tăng. Chính vì thế, nhu cầu cải thiện hiệu suất của các tấm thép điện không định hướng dùng làm vật liệu cốt lõi cho máy quay được tăng theo.

[0003]

Đối với động cơ hiệu suất cao ở các sản phẩm điện, các tấm thép điện không định hướng chất lượng cao thường được sử dụng. Trong các tấm thép điện không định hướng chất lượng cao, điện trở được tăng bằng cách tăng hàm lượng Si và Al, và độ thô ở kích thước các hạt được kiểm soát.

[0004]

Tuy nhiên, do giá thành sản xuất tấm thép điện không định hướng chất lượng cao đắt hơn cho nên cần phải giảm chi phí sản xuất. Để làm được điều này, điều mấu chốt nằm ở việc đơn giản hóa quy trình sản xuất.

[0005]

Quá trình ủ được tiến hành trong quá trình làm mát sau khi cán nóng là một kỹ thuật có thể dự kiến sẽ bỏ qua quá trình ủ tấm cán nóng. Mục đích của việc ủ tấm cán nóng là để thúc đẩy quá trình tái kết tinh và phát triển hạt. Bằng cách ủ tấm cán nóng, có thể giải quyết tình trạng biến dạng nứt và cải thiện đặc tính từ tính. Trong quá trình ủ, đã có cố gắng đạt được hiệu quả trên của quá

trình ủ tấm cán nóng bằng nhiệt độ của chính cuộn cán nóng trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng. Các kỹ thuật tự ủ được bộc lộ như sau.

[0006]

Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ rằng kỹ thuật tự ủ trong đó nhiệt độ cuộn sau khi cán nóng được kiểm soát ở mức 780°C hoặc cao hơn đối với tấm thép điện không định hướng với mật độ từ thông tuyệt vời trong đó bao gồm nhỏ hơn hoặc bằng 0,005% C, 0,1 đến 2,0% Si, 0,05 đến 0,6% Mn và nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% Al theo % khối lượng và mật độ số lượng của AlN với đường kính trung bình được chỉ định từ 10 đến 200 nm.

[0007]

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ kỹ thuật loại bỏ quá trình ủ tấm cán nóng trong đó bao gồm nhỏ hơn hoặc bằng 0,008% C, tổng từ 2 đến 3% Si và Al, từ 0,02 đến 1,0% Mn theo % khối lượng, 0,3 đến 0,5% Al / (Si + Al), nhiệt độ cuối cùng trong quá trình cán nóng được kiểm soát từ 1050°C trở lên, thời gian không bơm nước sau đó được kiểm soát từ 1 đến 7 giây hoặc nhỏ hơn, và làm mát bằng nước xuống 700 °C trở xuống để cuộn dây.

[0008]

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng với mật độ từ thông và tổn thất sắt tuyệt vời bao gồm nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% C, 0,1 đến 2,0% Si, 0,1 đến 1,5% Mn, 0,1 đến 1,0% Al, 0,02 đến 0,20% Sn, 0,1 đến 1,0% Cu theo % khối lượng và quá trình ủ tấm cán nóng hoặc tự ủ được tiến hành ở nhiệt độ dưới điểm chuyển hóa Ac1.

Tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

[0009]

Tài liệu sáng chế 1: Công bố quốc tế PCT số WO2013/069754

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản lần đầu số 2010-242186

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng sáng chế Nhật Bản lần đầu số H04-6220

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần được giải quyết

[0010]

Các kỹ thuật thông dụng được mô tả ở trên là để thúc đẩy sự phát triển hạt của tấm thép cán nóng bằng cách tự ủ trong khi bỏ qua quá trình ủ tấm cán nóng, qua đó cải thiện các đặc tính từ tính. Tuy nhiên, khi cố gắng thay thế quá trình ủ tấm cán nóng bằng quá trình tự ủ sau khi cán nóng, nhận thấy rằng tấm thép có xu hướng bị rạn nứt trong quá trình tẩy trong đó tấm thép được uốn cong nhiều lần. Vì lý do này, các kỹ thuật thông dụng ở trên có một vấn đề là không thu được đủ giá trị của việc bỏ qua quá trình ủ tấm cán nóng.

[0011]

Sáng chế đã được thực hiện trong việc xem xét các tình huống nêu trên. Một mục đích của sáng chế là cung cấp một tấm thép cán nóng cho tấm thép điện không định hướng đạt được khả năng ổn định mà không làm gãy tấm thép trong quá trình tẩy và phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng này.

Giải pháp cho vấn đề

[0012]

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

[0013]

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

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

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

trong đó, khi cạnh theo chiều rộng là vị trí cách mép của tấm thép 25 mm theo hướng ngang và khi tâm theo chiều rộng là vị trí tâm của tấm thép theo hướng ngang,

độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 180 Hv hoặc lớn hơn,

ΔH_v là giá trị thu được bằng cách trừ độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng từ độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 10 đến 100 Hv,

hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng là 0°C hoặc thấp hơn,

$\Delta DBTT$ là giá trị thu được bằng cách trừ hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng từ hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở tâm theo chiều rộng là 10 đến 100°C , và giá trị thu được bằng cách trừ độ dày của tấm ở cạnh theo chiều rộng khỏi độ dày của tấm ở tâm theo chiều rộng là 50 μm hoặc nhỏ hơn.

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

nung nóng một tấm từ 1050 đến 1180°C , tấm này bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng,

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

cán thô tấm sau khi gia nhiệt,

làm nung nóng một tấm cán thô sau khi cán thô,

cán lần cuối tấm cán thô sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện nhiệt độ cuối cùng dao động từ 900 đến 1000°C , và

cuộn tấm được cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là 700 đến 800°C và nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở trung tâm theo chiều rộng.

(3) Trong phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo (2),

bề mặt dưới cùng của tấm cuộn sau khi cán nóng có thể không tiếp xúc với tấm cuộn khác trong ít nhất 30 phút sau khi cuộn.

Hiệu quả của sáng chế

[0014]

Theo các khía cạnh trên của sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đạt được độ bền ổn định mà không bị gãy tấm thép trong quá trình tẩy và phương pháp sản xuất của chúng. Ngoài ra, theo các khía cạnh trên của sáng chế, có thể loại bỏ các vết trầy xước và vết lõm ở cạnh theo hướng ngang của tấm cuộn sau khi cán nóng.

Mô tả chi tiết sáng chế

[0015]

Sau đây, một phương án được ưu tiên của sáng chế được mô tả chi tiết. Tuy nhiên, sáng chế không chỉ giới hạn ở cấu hình được đề cập trong phương án, và có thể có nhiều biến thể khác nhau mà không rời khỏi khía cạnh của sáng chế. Ngoài ra, phạm vi giới hạn như được mô tả bên dưới bao gồm giới hạn dưới và giới hạn trên của chúng. Tuy nhiên, giá trị được biểu thị bằng "lớn hơn" hoặc "nhỏ hơn" không bao gồm trong phạm vi giới hạn. Trừ khi có ghi chú khác, "%" lượng nguyên tố tương ứng thể hiện "% theo khối lượng".

[0016]

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu lý do tại sao một tấm thép có xu hướng bị gãy trong quá trình tẩy khi quá trình tẩy được tiến hành khi quy trình cán nóng và quá trình ủ tấm cán nóng bị bỏ qua. Đặc biệt, nghiên cứu tập trung vào các điều kiện của cạnh theo hướng ngang của tấm cuộn sau khi cán nóng và tính chất của

vật liệu. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng các vết trầy xước và vết lõm được hình thành trong quá trình vận chuyển ở mép theo hướng ngang của tấm cuộn sau khi cán nóng, tấm thép bị biến dạng uốn cong trong quá trình chuyển nhiều cuộn trong quá trình tẩy, lực căng tại thời điểm đó tập trung vào các vết trầy xước và vết lõm, và từ đó, một vết nứt được hình thành và kéo dài tạo nên sự đứt gãy.

[0017]

Các tác giả sáng chế đã thực hiện một cuộc điều tra kỹ lưỡng để ngăn chặn vết nứt của tấm thép xảy ra trong quá trình tẩy như đã giải thích ở trên. Những phát hiện được mô tả ở dưới đây.

[0018]

Khi một tấm cán lần cuối được cuộn lại thành dạng cuộn sau khi cán lần cuối trong quy trình cán nóng, hiện tượng cuộn không đều thường có thể xảy ra. Thêm vào đó, khi cuộn dây sau khi cuộn được vận chuyển trên băng tải trong điều kiện trục cuộn của cuộn dây thẳng đứng (trong điều kiện lõi của cuộn dây trở thành lõi thẳng đứng), các vết xước có xu hướng hình thành trong một khu vực bề mặt dưới của cuộn dây (mặt dưới bên dưới cuộn dây). Ngoài ra, khi cuộn dây được cẩu lên trong điều kiện sao cho trục cuộn của cuộn dây nằm ngang (trong điều kiện lõi của cuộn dây trở thành một lõi nằm ngang), các vết lõm có xu hướng hình thành do tiếp xúc của móc cẩu đến mặt cuộn dây.

[0019]

Để ngăn chặn sự đứt gãy của tấm thép trong quá trình tẩy, cần phải giảm thiểu tối ưu các vết xước và vết lõm hình thành trên tấm cuộn sau khi cán nóng. Ngoài ra, tấm thép cần phải có độ dẻo dai để thép không bị gãy ngay cả khi lực căng dồn vào các vết xước, vết lõm.

[0020]

Đầu tiên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, để giảm các vết trầy xước và vết lõm, độ cứng Vickers được kiểm soát ở mức 180 Hv hoặc lớn hơn ở vị trí 25 mm tính từ mép của tấm thép cán nóng theo hướng ngang. Người ta cho

rằng, bằng cách tăng độ cứng ở cạnh theo chiều rộng theo hướng ngang, khả năng chống mài mòn của tấm thép được cải thiện, và do đó, các vết trầy xước và vết lõm giảm đi.

[0021]

Thứ hai, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, để ngăn chặn sự đứt gãy của tấm trong quá trình tẩy, nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo (DBTT) bằng thử nghiệm tác động Charpy được kiểm soát ở mức 0°C hoặc thấp hơn ở vị trí 25 mm tính từ mép của tấm. tấm thép cán nóng theo hướng ngang. Họ phát hiện ra rằng bằng cách đáp ứng điều kiện trên, vết nứt của tấm được triệt tiêu thuận lợi ngay cả trong mùa đông khi thường xuyên có vết nứt ở tấm trong quá trình tẩy. Người ta cho rằng, bằng cách tăng độ dẻo dai ở cạnh theo chiều rộng theo hướng ngang, ứng suất được giảm bớt ở đầu vết nứt nhờ tính dẻo của tấm thép ngay cả khi một vết nứt nhỏ bắt đầu từ mép của tấm thép, và do đó, sự lan rộng của vết nứt bị triệt tiêu.

[0022]

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, để ngăn chặn sự đứt gãy của tấm thép trong quá trình tẩy, độ chênh lệch độ dày (độ dày đỉnh) được kiểm soát là 50 μm hoặc lớn hơn ở giữa vị trí 25 mm tính từ mép của tấm thép cán nóng theo hướng ngang. và một vị trí trung tâm theo hướng ngang. Họ đã tìm ra rằng, bằng cách thỏa mãn điều kiện trên, vết nứt ban đầu sẽ bị hạn chế hình thành khi tấm thép được đưa qua trong quá trình tẩy, và do đó, sự lan rộng của vết nứt tấm bị triệt tiêu.

[0023]

Ví dụ, độ dày ở mép theo chiều ngang theo hướng ngang có xu hướng mỏng hơn độ dày ở tâm theo chiều rộng theo hướng ngang do các trục cán bị xuống cấp. Khi chiều dày của mép theo chiều rộng trở nên mỏng đi, tấm thép ở mép theo chiều rộng có xu hướng dài ra theo hướng dọc (hướng cán) như răng cưa để bù trừ cho sự giảm thể tích của tấm thép. Do đó, độ (biên độ) của răng cưa tăng lên cùng với sự gia tăng của độ dày đỉnh. Khi răng cưa quá nhiều ở cạnh theo chiều rộng, việc uốn cong xuôi ngược và uốn về phía sau được áp dụng cho cạnh theo

chiều rộng (đặc biệt là vùng có răng cưa) khi tấm thép được đưa qua trong quá trình tẩy do răng cưa có biên độ. Kết quả là, vết nứt đóng vai trò là nguồn gốc của vết nứt tấm có xu hướng được bắt đầu và lan rộng. Do đó, bằng cách giảm độ dày đỉnh, sự bắt đầu và lan rộng của vết nứt ban đầu có thể bị triệt tiêu, và do đó, vết nứt tấm có thể bị triệt tiêu.

[0024]

Như đã đề cập ở trên, vết nứt tấm xảy ra trong quá trình tẩy chủ yếu là do vết nứt ban đầu hình thành và lan rộng ở cạnh theo chiều ngang của tấm thép. Do đó, để hạn chế gãy tấm trong quá trình tẩy, các đặc điểm ở cạnh theo chiều rộng của tấm thép có thể được kiểm soát như đã giải thích ở trên. Tuy nhiên, các đặc tính quan trọng nhất cần có đối với thép tấm cách điện không định hướng là các đặc tính từ tính. Ví dụ, khi các đặc điểm toàn bộ chiều rộng theo hướng ngang giống như các đặc điểm ở cạnh theo chiều rộng của tấm thép được giải thích ở trên, rất khó để đáp ứng các đặc tính từ cần thiết cho tấm thép điện không định hướng. Do đó, để đáp ứng cả tính ổn định trong quá trình tẩy và đặc tính từ tính của tấm thép điện không định hướng, cần phải xây dựng tương ứng các tính năng của thép tấm ở cạnh theo chiều rộng và trung tâm theo chiều rộng.

[0025]

Ngoài việc kiểm soát các tính năng tại cạnh theo chiều rộng của tấm thép như đã giải thích ở trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, để đáp ứng cả tính ổn định trong quá trình tẩy và các đặc tính từ tính cho tấm thép điện không định hướng, các tính năng ở trung tâm theo chiều rộng của tấm thép được kiểm soát như sau. Cụ thể, họ đã phát hiện ra rằng ΔH_v là giá trị thu được bằng cách trừ độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng với độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng được kiểm soát ở mức từ 10 đến 100 Hv và $\Delta DBTT$ là giá trị thu được bằng cách trừ đi nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng từ nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo ở tâm theo chiều rộng được kiểm soát từ 10 đến 100°C.

[0026]

Dựa trên những phát hiện trên, có thể thu được tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đáp ứng các đặc tính từ tính mà không bị đứt gãy

trong quá trình tẩy ngay cả khi quá trình tự ủ được tiến hành trong quá trình cán nóng và ủ nóng tấm được bỏ qua.

[0027]

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

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

trong đó, khi cạnh theo chiều rộng là vị trí 25 mm tính từ mép của tấm thép theo hướng ngang và khi tâm theo chiều rộng là vị trí tâm của tấm thép theo hướng ngang,

độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 180 Hv hoặc lớn hơn,

ΔH_v là giá trị thu được bằng cách lấy độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng trừ đi độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng từ 10 đến 100 Hv,

hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng là thấp hơn hoặc bằng 0°C,

$\Delta DBTT$ là giá trị thu được bằng cách trừ hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng khỏi hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở tâm theo chiều rộng là 10 đến 100°C, và

giá trị thu được bằng cách trừ độ dày của tấm ở cạnh theo chiều rộng khỏi độ dày của tấm ở tâm theo chiều rộng nhỏ hơn hoặc bằng 50 μm .

[0028]

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

[0029]

<Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng>

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

[0030]

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%

C làm suy giảm sự mất sắt do lão hóa từ tính. Do đó, hàm lượng C phải là 0,0050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C có thể là 0,0045% hoặc nhỏ hơn, 0,0040% hoặc nhỏ hơn hoặc 0,0035% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của C có thể là 0%. Khi cân nhắc đến năng suất trong công nghiệp, hàm lượng C có thể lớn hơn 0%, 0,0015% trở lên, 0,0020% trở lên, hoặc 0,0025% trở lên.

[0031]

Si: 1,9 đến 3,5%

Si là nguyên tố có tác dụng làm tăng điện trở. Hàm lượng Si có thể được kiểm soát thích hợp trên cơ sở các thuộc tính cần thiết như tổn thất sắt, mật độ từ thông và cường độ. Tuy nhiên, khi hàm lượng Si nhỏ hơn 1,9%, vấn đề của phương án không phát sinh. Mặt khác, khi hàm lượng Si lớn hơn 3,5% thì độ dẻo dai giảm, do đó việc sản xuất trở nên khó khăn. Do đó, hàm lượng Si nên là 1,9 đến 3,5%. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn 2,0% và tốt hơn nữa là 2,2% hoặc lớn hơn.

[0032]

Mn: 0,10 đến 1,50%

Mn là nguyên tố hình thành sunfua và tăng tốc độ phát triển hạt. Do vậy, giới hạn dưới của hàm lượng Mn là 0,10%. Ngoài ra Mn còn có tác dụng làm tăng điện trở. Giới hạn trên của hàm lượng Mn có thể là 1,50%, khi đó các hiệu ứng được bảo hòa.

[0033]

Al: 0,10 đến 1,50%

Al là nguyên tố cần thiết cho quá trình khử oxy cho thép. Để có được hiệu quả khử oxy ổn định và ngăn chặn sự hình thành AlN mịn, hàm lượng Al phải là

0,10% hoặc lớn hơn. Ngoài ra Al còn có tác dụng làm tăng điện trở. Tuy nhiên, khi thêm quá nhiều, khả năng đúc trong sản xuất thép sẽ giảm đi. Như vậy, giới hạn trên của hàm lượng Al là 1,50%.

[0034]

Theo phương án, Sn có thể được bao gồm dưới dạng nguyên tố tùy chọn. Sn có tác dụng khử vảy hình thành do quá trình cán nóng và tăng đặc tính từ. Do đó, hàm lượng Sn có thể từ 0 đến 0,20% khi cần thiết. Hàm lượng Sn tốt nhất là 0,03% hoặc lớn hơn và tốt nhất là 0,20% hoặc nhỏ hơn.

[0035]

Theo phương án, P và S có thể bị giới hạn ở dạng tạp chất. P có thể làm giảm độ dẻo dai. Do đó, hàm lượng P có thể là 0,020% hoặc nhỏ hơn khi cần thiết. Hàm lượng P tốt nhất là 0,010% hoặc nhỏ hơn. S có thể làm giảm độ dẻo dai và các đặc tính từ tính. Do đó, hàm lượng S có thể là 0,003% hoặc nhỏ hơn khi cần thiết.

[0036]

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

[0037]

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

[0038]

Ở đây, các đặc điểm ở cạnh theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng của tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án được mô tả. Ngoài ra, cạnh theo chiều rộng được định nghĩa là vị trí cách mép của tấm thép 25 mm theo hướng ngang và tâm theo chiều rộng được xác định là vị trí tâm của tấm thép theo hướng ngang.

[0039]

<Độ cứng Vickers>

Trong tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng phải là 180 Hv hoặc lớn hơn. Khi độ cứng Vickers nhỏ hơn 180 Hv, các vết trầy xước và vết lõm có xu hướng hình thành, và do đó, biến dạng có xu hướng tập trung khi tấm thép được đưa vào quá trình tẩy. Độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng tốt nhất là 190 Hv hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 200 Hv hoặc lớn hơn. Bằng cách tăng độ cứng ở cạnh theo chiều rộng, độ cứng cao có thể đồng thời đạt được ở cạnh xa nhất, nơi các vết trầy xước và vết lõm dễ hình thành. Giới hạn trên của độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng không bị giới hạn cụ thể ở mức nào, ví dụ như có thể là 350 Hv.

[0040]

Ngoài ra, trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, ΔHv là giá trị thu được bằng cách lấy độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng trừ đi độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng là từ 10 đến 100 Hv. Khi độ cứng Vickers thỏa mãn các điều kiện trên thì có thể thỏa mãn cả tính xuyên ổn định trong quá trình tẩy và đặc tính từ cho thép điện không định hướng. Giá trị trên tốt hơn là 10 Hv hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 20 Hv hoặc lớn hơn. Ngoài ra, giá trị trên tốt hơn là 100 Hv hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 90 Hv hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 50 Hv hoặc nhỏ hơn.

[0041]

Độ cứng Vickers có thể được đo trên cơ sở JIS Z 2244 (2009). Tải trọng đo có thể được kiểm soát thích hợp để thu được kích thước tối đa của vết lõm, và do

đó, phép đo có thể được thực hiện với độ chính xác cao hơn. Ví dụ: tải trọng đo có thể nằm trong khoảng $9,8 \times 10^{-5}$ đến $9,8 \times 100$ N. Để đo độ cứng Vickers, kích thước vết lõm thường được đo bằng kính hiển vi quang học. Để đo chính xác độ cứng Vickers, kích thước vết lõm có thể được đo bằng kính hiển vi điện tử như SEM. Độ cứng Vickers có thể được đo tại khu vực trung tâm theo chiều dày.

[0042]

<Nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo>

Trong tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng là 0°C hoặc thấp hơn. Khi DBTT ở cạnh theo chiều rộng lớn hơn 0°C , vết nứt ban đầu có xu hướng xuất hiện và lan rộng do biến dạng tập trung vào các vết xước và vết lõm, do đó, vết nứt tấm có xu hướng xảy ra đặc biệt là vào mùa đông khi nhiệt độ bên ngoài thấp. DBTT ở cạnh theo chiều rộng tốt nhất là -5°C hoặc thấp hơn và tốt hơn nữa là -10°C hoặc thấp hơn. Độ không đồng đều của bề mặt đáy của cuộn dây do cuộn không đều của tấm cuộn sau khi cán nóng là khoảng 10 mm. Do đó, khi độ dẻo dai ở cạnh theo chiều rộng tăng lên, vết nứt hình thành ở cạnh của tấm thép hầu như không lan về phía trung tâm theo chiều rộng. Giới hạn dưới của DBTT ở cạnh theo chiều rộng tốt nhất là thấp hơn và không bị giới hạn đặc biệt. Chẳng hạn, DBTT có thể là -100°C .

[0043]

Ngoài ra, trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, ΔDBTT là giá trị thu được bằng cách trừ DBTT ở cạnh theo chiều rộng từ DBTT ở tâm theo chiều rộng là từ 10 đến 100°C . Khi ΔDBTT thỏa mãn các điều kiện trên thì có thể thỏa mãn cả tính xuyên ổn định trong quá trình tẩy và đặc tính từ cho tôn mạ điện không định hướng. Giá trị trên tốt nhất là từ 10°C hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là từ 20°C hoặc cao hơn. Ngoài ra, giá trị trên tốt hơn là từ 100°C trở xuống, tốt hơn nữa là từ 90°C hoặc thấp hơn và tốt hơn nữa là từ 50°C hoặc thấp hơn.

[0044]

DBTT có thể thu được từ kết quả của thử nghiệm tác động Charpy. Thử nghiệm tác động Charpy có thể được đo lường trên cơ sở JIS Z 2242 (2018). Ví dụ, như các điều kiện đo, một vết khía hình chữ V có thể được cung cấp trên mẫu thử, có thể thực hiện thử va đập và có thể đo năng lượng hấp thụ. Độ dày của mẫu thử cho thử nghiệm tác động Charpy có thể tương đương với độ dày của tấm thép cán nóng.

[0045]

<Độ dày đỉnh>

Trong tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, giá trị (độ dày đỉnh) thu được bằng cách trừ độ dày tấm ở cạnh theo chiều rộng từ độ dày tấm ở tâm theo chiều rộng là 50 μm hoặc nhỏ hơn. Khi độ dày đỉnh có kích thước từ 50 μm trở xuống, có thể ngăn chặn sự đứt gãy của tấm trong quá trình tẩy. Độ dày đỉnh tốt nhất là 40 μm hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 30 μm hoặc nhỏ hơn. Độ không đồng đều của bề mặt đáy của cuộn dây do cuộn không đều của tấm cuộn sau khi cán nóng là khoảng 10 mm. Do đó, khi độ dày đỉnh giữa mép theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng thấp hơn, tác động uốn cong xuôi ngược hầu như không được áp dụng, và do đó, vết nứt hình thành ở mép của tấm thép hầu như không lan về phía tâm theo chiều rộng.

[0046]

Ví dụ, độ dày đỉnh có thể được đo bằng máy đo độ dày có sẵn trên thị trường. Khi các điều kiện oxy hóa theo hướng ngang khác nhau đáng kể trong quá trình cán nóng và/hoặc sau khi cuộn, lớp vảy (lớp oxy hóa bề mặt) của tấm thép cán nóng được loại bỏ bằng cách tẩy hoặc tương tự, và từ đó có thể đo phần độ dày đỉnh. Ngoài ra, độ dày đỉnh có thể được đo mà không cần liên quan tới lớp vảy bằng cách đo độ dày của tấm thép được quan sát bằng kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi điện tử như SEM sau khi đánh bóng tiết diện của tấm thép cán nóng.

[0047]

<Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng>

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

[0048]

Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án là để sản xuất tấm thép cán nóng được giải thích ở trên, và phương pháp này bao gồm

nung nóng một tấm từ 1050 đến 1180°C, tấm này bao gồm các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau,

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

cán thô tấm sau khi gia nhiệt,

gia nhiệt lại tấm cán thô sau khi cán thô,

cán lần cuối tấm cán thô sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuối cùng là 900 đến 1000°C, và

cuộn tấm cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là 700 đến 800°C và nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở trung tâm theo chiều rộng.

[0049]

Ngoài ra, trong phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, tốt nhất là bề mặt dưới cùng của tấm cuộn sau khi cán nóng không được tiếp xúc với tấm cuộn khác ít nhất 30 phút sau khi cuộn dây.

[0050]

Trừ khi được đề cập khác, nhiệt độ gia nhiệt (ví dụ như nhiệt độ gia nhiệt tấm, nhiệt độ cán lần cuối, hoặc tương tự) tương ứng với nhiệt độ bề mặt ở tâm theo chiều rộng. Ngoài ra, cạnh theo chiều rộng tương ứng với vị trí 25 mm tính từ mép của tấm thép theo hướng ngang và tâm theo chiều rộng tương ứng với vị trí tâm của tấm thép theo hướng ngang.

[0051]

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

[0052]

Nhiệt độ gia nhiệt của tấm là từ 1050 đến 1180°C. Vì cường độ tại nhiệt độ cao của thép một pha ferit thấp, nên tấm có thể bị chùng xuống khi nhiệt độ gia nhiệt cao, từ đó, quá trình cán có thể không được thực hiện một cách hoàn thiện. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt của tấm phải là 1180°C hoặc thấp hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt của tấm nhỏ hơn 1050°C, khả năng chống biến dạng có thể quá lớn, khi đó chúng ta có thể cần đến quá trình cán. Do đó, giới hạn dưới của nhiệt độ gia nhiệt tấm là 1050°C.

[0053]

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

[0054]

Do mục đích của phương án là thép một pha ferit với khả năng chống biến dạng thấp, nên nhiệt độ trong quá trình cán thô được giảm đáng kể. Do đó, tấm cán thô được gia nhiệt lại sau khi cán thô. Tấm cán thô sau khi cán thô có thể được gia nhiệt lại sao cho nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng nằm trong khoảng từ 900°C đến 1000°C.

[0055]

Sau khi được gia nhiệt lại, tấm cán thô được cán lần cuối. Lần cán cuối cùng có thể được tiến hành trong điều kiện sao cho nhiệt độ cuối cùng là 900°C đến 1000°C. Khi nhiệt độ cuối cùng nhỏ hơn 900°C, sẽ khó kiểm soát nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng thành 700 °C trở lên trong quá trình cuộn và trở nên khó kiểm soát nhiệt độ cuộn theo chiều rộng cạnh là 50 °C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở tâm theo chiều rộng. Do đó, giới hạn dưới của nhiệt độ cuối cùng là 900°C. Mặt khác, khi nhiệt độ cuối cùng lớn hơn 1000°C, khả năng làm mát sau khi cán lần cuối có thể không đủ, và do đó, khó kiểm soát nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng là 800°C hoặc thấp hơn trong quá trình cuộn. đó là quá trình đăng bài. Do đó, giới hạn trên của nhiệt độ cuối cùng là 1000°C.

[0056]

Tấm cán cuối cùng sau khi cán lần cuối được cuộn trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là 700 đến 800°C và nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở tâm theo chiều rộng .

[0057]

Nhìn chung, việc tăng độ cứng của tấm thép cán nóng và giảm DBTT là trái ngược nhau. Tuy nhiên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng có thể đáp ứng cả độ cứng và DBTT bằng cách giảm nhiệt độ cuộn của tấm cán cuối cùng để biến dạng được đưa vào tấm thép trong lần cán nóng cuối cùng được duy trì một cách thích hợp. Người ta cho rằng lý do tại sao có thể thỏa mãn cả độ cứng và DBTT là độ cứng được tăng lên nhờ biến dạng dư và độ dẻo dai được cải thiện nhờ cấu trúc không kết tinh lại còn sót lại do nhiệt độ cuộn thấp. Để duy trì độ căng một cách thích hợp, nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng phải là 800°C hoặc thấp hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng nhỏ hơn 700°C, biến dạng dư trở nên quá mức mặc dù độ cứng được tăng thêm, và do đó, DBTT lớn hơn 0°C. Do đó, nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng phải là 700°C hoặc cao hơn.

[0058]

Ngoài ra, nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng phải là 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở tâm theo chiều rộng. Khi toàn bộ chiều rộng của tấm thép được làm mát đến cùng nhiệt độ với cạnh theo chiều rộng, các đặc tính từ tính sẽ giảm đi. Để đáp ứng cả tính ổn định trong quá trình tẩy và các đặc tính từ tính cho tấm thép điện không định hướng, cần phải kiểm soát tương ứng nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng và trung tâm theo chiều rộng. Một vùng từ mép đến 25 mm của tấm thép theo hướng ngang được cắt bớt trong quá trình tẩy hoặc tạo hình sản phẩm. Do đó, ngay cả khi nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng là 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở tâm theo chiều rộng, các đặc tính từ tính của sản phẩm cuối cùng không bị ảnh hưởng.

[0059]

Một phương pháp để kiểm soát nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng là 50°C hoặc thấp hơn so với nhiệt độ cuộn ở tâm theo chiều rộng không bị giới hạn đặc biệt. Ví dụ, nhiệt độ cuộn dây ở cạnh theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng có thể được kiểm soát tương ứng bằng cách phun chất lỏng như nước, bằng cách thổi khí như không khí hoặc nitơ, hoặc bằng cách cho vật liệu rắn tiếp xúc với cạnh theo chiều rộng hoặc gần cạnh, trong quá trình cán nóng, sau khi cán nóng, trong khi cuộn hoặc sau khi cuộn.

[0060]

Ngoài ra, trong phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo phương án, tốt nhất là bề mặt dưới cùng của tấm cuộn sau khi cán nóng không được tiếp xúc với tấm cuộn khác trong ít nhất 30 phút sau khi cuộn dây. Ví dụ, khi các tấm cuộn được xếp chồng lên nhau trong điều kiện sao cho một lõi của cuộn trở thành một lỗ trống đứng và bề mặt dưới cùng của nó tiếp xúc với một tấm khác trong vòng 30 phút sau khi cuộn, hay còn gọi là xếp chồng. Khi đó, các vết xước có xu hướng hình thành trên bề mặt dưới của tấm cuộn, do nhiệt độ của tấm cuộn sau khi cán nóng vẫn còn cao và cường độ của tấm thép thấp. Hơn nữa, khi bề mặt dưới của tấm cuộn sau khi cán nóng tiếp xúc với một tấm cuộn khác, nhiệt độ của bề mặt dưới cùng của cuộn dây tăng lên và biến dạng ở lần cán nóng cuối cùng được giảm bớt, từ đó, khó có thể thỏa mãn

điều kiện của cả độ cứng và DBTT. Vì vậy, tốt nhất là bề mặt dưới của tấm cuộn sau khi cán nóng không được tiếp xúc với tấm cuộn khác ít nhất 30 phút sau khi cuộn.

[0061]

Tấm thép cán nóng được sản xuất bằng cách đáp ứng các điều kiện sản xuất được mô tả ở trên có độ cứng và độ dẻo dai tuyệt vời. Có thể đánh giá các tính chất của tấm thép cán nóng bằng cách xác nhận liệu có xảy ra hiện tượng gãy tấm do uốn lặp đi lặp lại hay không. Ví dụ, mẫu thử có dạng dải được chuẩn bị bằng cách cắt theo chiều rộng 30 mm và chiều dài 300 mm từ mép theo chiều rộng của tấm thép cán nóng. Trong khi ngâm trong bể 0°C, mẫu thử được uốn cong 90° theo chiều kim đồng hồ từ vị trí 6 giờ đến vị trí 9 giờ với bán kính cong là 40 mm, uốn ngược lại vị trí 6 giờ, uốn cong bằng 90° ngược chiều kim đồng hồ đến vị trí 3 giờ và uốn cong về vị trí 6 giờ. Thử nghiệm trên được coi là một chu kỳ, và đếm lần lượt số chu kỳ cho đến khi phát hiện ra vết nứt ở mẫu thử. Trong tấm thép cán nóng theo phương án, số chu kỳ đếm được là 10 hoặc nhiều hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[0062]

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

[0063]

<Ví dụ 1>

Một tấm có thành phần hóa học như trong Bảng 1 được cán nóng đến độ dày 2,5 mm trong điều kiện sản xuất tương ứng với dấu hiệu tham chiếu của cán nóng được nêu trong Bảng 2, và một tấm thép cán nóng được cuộn lại. Ngoài ra, nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng và trung tâm theo chiều rộng được kiểm soát

tương ứng bằng cách phun chất làm mát có chọn lọc vào vùng lân cận của cạnh theo chiều rộng trong các quy trình từ cán nóng đến cuộn.

[0064]

[Bảng 1]

Loại thép	Thành phần hóa học của tấm (Miếng thép) (Đơn vị: % khối lượng, phần còn lại chứa Fe và tạp chất)			
	C	Si	Mn	Al
A1	0,0050	3,1	0,20	0,30
A2	0,0030	1,9	0,30	0,30
A3	0,0040	3,5	0,40	0,50
A4	0,0020	3,3	0,10	0,60
A5	0,0020	2,5	1,50	0,90
A6	0,0030	2,2	1,10	0,10
A7	0,0030	2,8	0,80	1,50
A8	0,0020	2,9	0,20	0,50
A9	0,0010	2,4	0,30	0,30
a1	0,0040	2,1	0,20	0,40
a2	0,0040	3,9	0,40	0,70
a3	0,0030	2,5	0,04	0,90
a4	0,0010	2,4	0,90	0,03
a5	0,0040	3,2	0,60	1,90

[0065]

[Bảng 2]

Quy trình cán nóng							
Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Nhiệt độ gia nhiệt tấm °C	Nhiệt độ gia nhiệt sau cán thô °C	Nhiệt độ cuối cùng của lần cán cuối cùng °C	Nhiệt độ tấm cuộn			Xếp chồng tấm cuộn sau khi cán nóng
				Cạnh theo chiều rộng (1) °C	Tâm theo chiều rộng (2) °C	Biên độ nhiệt (2)-(1) °C	
B1	1050	1020	950	750	810	60	Không được tiến hành
B2	1180	1010	900	770	840	70	Không được tiến hành
B3	1120	1080	1000	790	860	70	Không được tiến hành
B4	1100	1030	930	700	770	70	Không được tiến hành
B5	1120	1020	920	800	860	60	Không được tiến hành
B6	1060	1010	910	720	770	50	Không được tiến hành
B7	1130	1000	940	730	790	60	Không được tiến hành
B8	1080	1020	970	740	800	60	Không được tiến hành
b1	1020	Không thể cán nóng	-	-	-	-	-
b2	1210	Không thể cán nóng	-	-	-	-	-
b3	1140	1100	1030	830	890	60	Không được tiến hành
b4	1120	1080	800	670	710	40	Không được tiến hành
b5	1100	1060	980	830	870	40	Không được tiến hành
b6	1070	1050	950	790	830	40	Không được tiến hành
b7	1080	1050	950	790	850	60	Được tiến hành
b8	1090	1050	950	790	860	70	Được tiến hành
b9	1180	Không được đo	790	660	690	30	Không được tiến hành
b10	1130	1000	940	750	750	0	Không được tiến hành
b11	1100	1050	920	680	730	50	Không được tiến hành

[0066]

Thành phần hóa học của thép cán nóng được sản xuất giống như của tấm. Một mẫu thử được cắt ra từ tấm thép cán nóng được sản xuất và độ cứng Vickers của cạnh theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng, nhiệt độ chuyển đổi giòn dễ uốn của cạnh theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng và độ dày đỉnh (chênh lệch độ dày giữa chiều rộng cạnh theo chiều rộng và tâm theo chiều rộng của tấm thép cán nóng) được đo trên cơ sở phương pháp trên.

[0067]

Hơn nữa, mẫu thử được chuẩn bị từ tấm thép cán nóng được sản xuất, thử nghiệm uốn cong xuôi ngược được tiến hành trên cơ sở phương pháp trên và thử nghiệm trên sẽ đếm số chu kỳ cho tới khi phát hiện ra vết nứt ở trên mẫu thử.

[0068]

Tấm thép cán nóng sau khi được sản xuất sẽ được tẩy, cán nguội đến 0,5 mm và được ủ lần cuối để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình tẩy, việc tẩy được tiến hành được để ý sao cho không làm gãy tấm thép. Một mẫu thử được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng sau khi ủ lần cuối, và các đặc tính từ tính được đo trên cơ sở phương pháp thử một tấm (SST) của JIS C 2556 (2015).

[0069]

[Bảng 3]

Số hiệu	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kết quả sản xuất						Đánh giá kết quả	Ghi chú		
			Độ cứng Vickers			Nhiệt độ chuyển tiếp giòn đẻo (DBTT)					Độ dày đỉnh μm	Uốn cong xuôi ngược
			Cạnh theo chiều rộng (3) Hv	Tấm theo chiều rộng (4) Hv	Biên độ độ cứng ΔH_v (3) - (4) Hv	Cạnh theo chiều rộng (5) °C	Tấm theo chiều rộng (6) °C	$\Delta DBTT$ (6)-(5) °C				
C1	A1	B7	240	200	40	-10	20	30	13	-	Ví dụ theo sáng chế	
C2	A2	B7	180	150	30	-30	0	30	15	-	Ví dụ theo sáng chế	
C3	A3	B7	280	220	60	-5	50	55	10	-	Ví dụ theo sáng chế	
C4	A4	B7	260	210	50	-5	35	40	11	-	Ví dụ theo sáng chế	
C5	A5	B7	200	180	20	-20	10	30	25	14	-	Ví dụ theo sáng chế
C6	A6	B7	210	170	40	-15	5	20	40	16	-	Ví dụ theo sáng chế
C7	A7	B7	220	190	30	-15	0	15	45	17	-	Ví dụ theo sáng chế
C8	A8	B7	230	200	30	-15	0	15	50	20	-	Ví dụ theo sáng chế
C9	A9	B7	190	170	20	-25	5	30	40	22	-	Ví dụ theo sáng chế
c1	a1	B7	210	180	30	0	10	10	30	13	Đặc tính từ tính kém	Ví dụ so sánh
c2	a2	B7	-	-	-	-	-	-	-	-	Không thể cán nóng	Ví dụ so sánh
c3	a3	B7	200	170	30	-5	10	15	45	15	Đặc tính từ tính kém	Ví dụ so sánh
c4	a4	B7	200	170	30	-10	10	20	45	16	Đặc tính từ tính kém	Ví dụ so sánh
c5	a5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Không thể đúc được	Ví dụ so sánh

[0070]

Như được trình bày trong Bảng 3, các ví dụ theo sáng chế rất xuất sắc về đặc tính uốn lặp lại. Ngoài ra, các ví dụ sáng chế rất xuất sắc về các đặc tính từ tính mặc dù không được trình bày trong các bảng. Mặt khác, các ví dụ so sánh không đáp ứng thành phần hóa học hoặc điều kiện sản xuất, và do đó, ít nhất một trong các năng suất, đặc tính uốn lặp lại và đặc tính từ tính là không thể chấp nhận được.

[0071]

Mặc dù không được thể hiện trong các bảng, loại thép có hàm lượng Si nhỏ hơn 1,9% khối lượng tổng thể không có vấn đề được giải thích ở trên nên loại thép đó không được thử nghiệm. Hơn nữa, trong các loại thép có hàm lượng Mn lớn hơn 1,5% khối lượng, tác dụng của Mn đã bão hòa.

[0072]

<Ví dụ 2>

Một tấm có thành phần hóa học như trong Bảng 1 được cán nóng đến độ dày 2,5 mm trong điều kiện sản xuất tương ứng với dấu hiệu tham chiếu của cán nóng được nêu trong Bảng 2, và một tấm thép cán nóng được cuộn lại. Ngoài ra, nhiệt độ cuộn ở cạnh theo chiều rộng và trung tâm theo chiều rộng được kiểm soát tương ứng bằng cách phun chất làm mát có chọn lọc vào vùng lân cận của cạnh theo chiều rộng trong các quy trình từ cán nóng đến cuộn. Sau đó, đánh giá tương tự như trong Ví dụ 1 đã được tiến hành. Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng được sản xuất giống như của thép tấm.

[0073]

Tấm thép cán nóng được sản xuất đã được tẩy, cán nguội đến 0,5 mm và được ủ lần cuối để thu được tấm thép điện không định hướng. Trong quá trình tẩy, việc tẩy được tiến hành đồng thời chú ý để không làm gãy tôn khi cần thiết. Sau đó, đánh giá tương tự như trong Ví dụ 1 đã được tiến hành.

[0074]

[Bảng 4]

Số hiệu	Loại thép	Kí hiệu tham chiếu khi cán nóng	Kết quả sản xuất						Đánh giá kết quả	Ghi chú	
			Độ cứng Vickers			Nhiệt độ chuyển tiếp giòn dẻo (DBTT)					
			Cạnh theo chiều rộng (3) Hv	Tâm theo chiều rộng (4) Hv	Biên độ cứng ΔHv (3) - (4) Hv	Cạnh theo chiều rộng (5) °C	Tâm theo chiều rộng (6) °C	ΔDBTT (6)-(5) °C	Độ dày đỉnh μm		Uốn cong xuôi ngược Chu kì
D1	A8	B1	220	190	30	-10	0	10	17	-	Ví dụ theo sáng chế
D2	A8	B2	210	170	40	-5	15	20	13	-	Ví dụ theo sáng chế
D3	A8	B3	200	160	40	0	10	10	10	-	Ví dụ theo sáng chế
D4	A8	B4	240	210	30	-20	0	20	25	-	Ví dụ theo sáng chế
D5	A8	B5	230	160	70	-10	15	25	15	-	Ví dụ theo sáng chế
D6	A8	B6	230	210	20	-25	0	25	30	-	Ví dụ theo sáng chế
D7	A8	B7	230	200	30	-15	0	15	20	-	Ví dụ theo sáng chế
D8	A8	B8	220	190	30	-10	10	20	17	-	Ví dụ theo sáng chế
d1	A8	b1	-	-	-	-	-	-	-	Không thể cán nóng	Ví dụ so sánh
d2	A8	b2	-	-	-	-	-	-	-	Không thể cán nóng	Ví dụ so sánh
d3	A8	b3	170	160	10	15	20	5	40	7	Ví dụ so sánh
d4	A8	b4	200	200	0	5	10	5	40	5	Ví dụ so sánh
d5	A8	b5	170	170	0	20	20	0	50	6	Ví dụ so sánh
d6	A8	b6	190	190	0	15	20	5	40	7	Ví dụ so sánh
d7	A8	b7	170	160	10	50	30	-20	50	3	Ví dụ so sánh
d8	A8	b8	170	160	10	40	30	-10	50	4	Ví dụ so sánh
d9	A8	b9	210	210	0	5	10	5	40	5	Ví dụ so sánh
d10	A8	b10	220	220	0	-10	-10	0	40	16	Ví dụ so sánh
d11	A8	b11	200	180	20	5	10	5	40	5	Ví dụ so sánh
d12	A8	B7	230	200	30	-15	0	15	70	4	Cuộn cán nóng kém

[0075]

Như được chỉ ra trong Bảng 4, các ví dụ theo sáng chế có đặc tính uốn cong xuôi ngược xuất sắc. Ngoài ra, các ví dụ theo sáng chế còn có các đặc tính từ tính xuất sắc mặc dù không được trình bày trong các bảng. Mặt khác, các ví dụ so sánh không đáp ứng thành phần hóa học hoặc điều kiện sản xuất, và qua đó, ít nhất một trong các thuộc tính gồm năng suất, đặc tính uốn xuôi ngược và đặc tính từ tính là không chấp nhận được.

[0076]

Trong bảng, "cuộn cán nóng kém" chỉ ra rằng độ dày ở cạnh theo chiều rộng trở nên mỏng hơn so với ở tâm theo chiều rộng do các cuộn cán bị xuống cấp.

Khả năng áp dụng trong công nghiệp

[0077]

Theo các khía cạnh đã đề cập của sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đạt được độ bền ổn định mà không bị nứt gãy tấm thép trong quá trình tẩy và phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng này. Ngoài ra, theo các khía cạnh trên của sáng chế, có thể loại bỏ các vết trầy xước và vết lõm ở cạnh theo hướng ngang của tấm cuộn sau khi cán nóng. Theo đó, sáng chế này có khả năng áp dụng ấn tượng trong công nghiệp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

trong đó, khi cạnh theo chiều rộng là vị trí cách mép của tấm thép 25 mm theo hướng ngang và khi tâm theo chiều rộng là vị trí tâm của tấm thép theo hướng ngang,

độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 180 Hv hoặc lớn hơn,

ΔHv là giá trị thu được bằng cách trừ độ cứng Vickers ở tâm theo chiều rộng từ độ cứng Vickers ở cạnh theo chiều rộng là 10 đến 100 Hv,

hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng là 0°C hoặc thấp hơn,

$\Delta DBTT$ là giá trị thu được bằng cách trừ hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở cạnh theo chiều rộng từ hiệu độ chuyển tiếp giòn dẻo ở tâm theo chiều rộng là 10 đến 100°C, và

giá trị thu được bằng cách trừ độ dày của tấm ở cạnh theo chiều rộng từ độ dày của tấm ở tâm theo chiều rộng là 50 μm hoặc nhỏ hơn.

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

nung nóng tấm đến nhiệt độ 1050 đến 1180°C, tấm này bao gồm thành phần hóa học theo % khối lượng,

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%,

Si: 1,9 đến 3,5%,

Mn: 0,10 đến 1,50%,

Al: 0,10 đến 1,50%, và

phần còn lại chứa Fe và tạp chất,

cán thô tấm sau khi gia nhiệt,

gia nhiệt lại tấm cán thô sau khi cán thô,

cán lần cuối tấm cán thô sau khi gia nhiệt lại trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuối cùng là 900 đến 1000°C, và

cuộn tấm được cán lần cuối sau lần cán cuối cùng trong các điều kiện sao cho nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là từ 700 đến 800°C, và nhiệt độ cuộn ở mép theo chiều rộng là thấp hơn hoặc bằng 50°C so với nhiệt độ cuộn ở trung tâm theo chiều rộng.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 2, trong đó:

mặt dưới của tấm cuộn sau khi cán nóng không được tiếp xúc với tấm cuộn khác ít nhất 30 phút sau khi cuộn.