



(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)



1-0043445

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

(21) 1-2022-07384

(22) 16/04/2021

(86) PCT/JP2021/015699 16/04/2021

(87) WO 2021/210671 A1 21/10/2021

(30) 2020-073210 16/04/2020 JP

(45) 25/02/2025 443

(43) 27/01/2023 418A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071 Japan

(72) YASHIKI, Hiroyoshi (JP); NATORI, Yoshiaki (JP); TOMITA, Miho (JP);

TAKEDA, Kazutoshi (JP); MATSUMOTO, Takuya (JP).

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

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

(21) 1-2022-07384

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép kỹ thuật điện có cấu trúc không định hướng, trong đó tấm thép này bao gồm kim loại nền có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng, C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040%, Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%, Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20% Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%, O: nằm trong khoảng từ 0,0100 đến 0,0400%, Ca: nhỏ hơn 0,0010%, Ti: nhỏ hơn 0,0050%, Nb: nhỏ hơn 0,0050%, Zr: nhỏ hơn 0,0050%, V: nhỏ hơn 0,0050%, Cu: nhỏ hơn 0,20%, Ni: nhỏ hơn 0,50%, Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất, trong đó kim loại nền có hàm lượng O nhỏ hơn 0,0050% trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các vấn đề môi trường toàn cầu đã thu hút sự chú ý, và các nhu cầu nỗ lực tiết kiệm năng lượng ngày càng tăng. Trên hết, có nhu cầu mạnh mẽ về hiệu suất cao hơn của thiết bị điện. Vì lý do này, có nhu cầu gia tăng hơn nữa về việc tăng cường các đặc tính từ trong tấm thép điện không định hướng được sử dụng rộng rãi làm nguyên liệu lõi sắt cho động cơ, máy phát điện, hoặc thiết bị tương tự. Xu hướng này là đáng chú ý trong các động cơ truyền động cho các xe điện và các xe lai và các động cơ máy nén cho các máy điều hòa không khí.

Lỗi động cơ của các động cơ khác nhau như được mô tả ở trên bao gồm stato là phần tĩnh và rôto là phần quay. Các tính chất cần thiết đối với stato và rôto được bao gồm trong lõi động cơ là khác nhau. Stato cần phải có các đặc tính từ vượt trội (tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao), đặc biệt là tổn hao do sắt thấp, trong khi đó rôto cần phải có các đặc tính cơ học vượt trội (độ bền cao).

Vì các đặc tính cần thiết đối với stato và rôto là khác nhau, các đặc tính mong muốn có thể đạt được bằng cách tạo ra một tấm thép điện không định hướng cho stato và một tấm thép điện không định hướng khác cho rôto. Tuy nhiên, bất lợi là việc chuẩn bị hai loại tấm thép điện không định hướng này làm giảm năng suất. Do đó, tấm thép điện không định hướng có độ bền vượt trội và còn có các đặc tính từ vượt trội có thường được nghiên cứu để đạt được tổn hao do sắt thấp trong lúc đạt được độ bền cao là cần thiết đối với rôto.

Chẳng hạn, trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 4, các nỗ lực đã được thực hiện để đạt được các đặc tính từ vượt trội và độ bền cao.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản (JP-A) số 2004-300535

Tài liệu sáng chế 2: JP-A số 2007-186791

Tài liệu sáng chế 3: JP-A số 2012-140676

Tài liệu sáng chế 4: JP-A số 2010-90474

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, sự giảm tổn hao do sắt đối với vật liệu stato là không đủ theo các kỹ thuật đã được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 4 để đạt được các đặc tính tiết kiệm năng lượng mà gần đây đã được yêu cầu đối với động cơ của xe điện hoặc xe lai.

Sáng chế đã được thực hiện để giải quyết vấn đề này, và mục đích của sáng chế là thu được tấm thép điện không định hướng một cách ổn định có độ bền cao và các đặc tính từ vượt trội ở chi phí thấp.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Ý chính của sáng chế là tấm thép điện không định hướng và phương pháp sản xuất tấm thép này được mô tả dưới đây.

(1) Tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này bao gồm kim loại nền có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040%,

Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%,

Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%,

O: nằm trong khoảng từ 0,0100 đến 0,0400%,

Ca: nhỏ hơn 0,0010%,

Ti: nhỏ hơn 0,0050%,

Nb: nhỏ hơn 0,0050%,

Zr: nhỏ hơn 0,0050%,

V: nhỏ hơn 0,0050%,

Cu: nhỏ hơn 0,20%,

Ni: nhỏ hơn 0,50%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

trong đó kim loại nền có hàm lượng O nhỏ hơn 0,0050% trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền.

(2) Tấm thép điện không định hướng theo mục (1),

trong đó kim loại nền có kích thước hạt tinh thể trung bình nằm trong khoảng từ 10 đến 80 μ m.

(3) Tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2),

có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 650MPa.

(4) Tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3),

có lớp phủ cách điện trên bề mặt của kim loại nền.

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), trong đó:

phương pháp này bao gồm bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện được thực hiện lần lượt trên thép có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%,

Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%,

Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%,

O: nhỏ hơn 0,0050%,

Ca: nhỏ hơn 0,0010%,

Ti: nhỏ hơn 0,0050%,

Nb: nhỏ hơn 0,0050%,

Zr: nhỏ hơn 0,0050%,

V: nhỏ hơn 0,0050%,

Cu: nhỏ hơn 0,20%,

Ni: nhỏ hơn 0,50%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất.

(6) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (5),

còn bao gồm bước ủ tấm thép cán nóng gồm việc gia nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 950°C giữa bước cán nóng và bước cán nguội.

Tác dụng có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép điện không định hướng có độ bền cao và các đặc tính từ vượt trội.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các nghiên cứu chuyên sâu đã được thực hiện bởi các tác giả của sáng chế để giải quyết vấn đề nêu trên, do đó đã thu được các phát hiện sau đây.

Trong trường hợp mong muốn đạt được độ bền cao hơn của thép, phương pháp kết hợp một lượng lớn của nguyên tố hợp kim như Cu, Ni, Ti, hoặc V thường được thực hiện. Tuy nhiên, trong trường hợp trong đó một lượng lớn nguyên tố hợp kim như Cu, Ni, Ti, hoặc V được kết hợp, không chỉ chi phí bị tăng lên mà các đặc tính từ bị suy giảm.

Việc sử dụng Si có hiệu quả để đạt được độ bền cao hơn mà không cần kết hợp nguyên tố hợp kim đặc biệt như Cu, Ni, Ti, hoặc V càng nhiều càng tốt. Ngoài ra, cần cải thiện tổn hao do sắt ở tần số cao để gia tăng các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng. Tổn hao do sắt chủ yếu bao gồm tổn hao do từ trễ và tổn hao do dòng xoáy. Si còn có tác dụng làm tăng điện trở của thép để giảm tổn hao do dòng xoáy.

Tuy nhiên, sự tăng hàm lượng Si làm suy giảm độ dai và dẫn đến hiện tượng nứt do giòn trong quá trình cán nguội, do đó gây ra vấn đề là việc sản xuất trở nên khó khăn. Là biện pháp đối phó đối với vấn đề này, có thể hình dung ra việc tăng bền biên hạt bằng cách thiên tích C ở biên hạt tinh thể để ngăn chặn hiện tượng nứt do giòn trong quá trình cán nguội. Tuy nhiên, C kết tủa dưới dạng carbit trong môi trường sử dụng, điều này cản trở sự dịch chuyển vách domain và dẫn đến tăng tổn hao do từ trễ.

Do đó, mặc dù C được kết hợp ở một mức độ nào đó tại thời điểm cán nguội, mong muốn thực hiện quá trình khử cacbon sau đó để giảm hàm lượng C trong sản phẩm cuối cùng. Điều này làm cho có thể đạt được cả việc tăng khả năng gia công nguội và giảm tổn hao do sắt.

Ngoài ra, cấu trúc của kim loại nền có thể được tạo hạt mịn bằng cách bổ sung một lượng nhỏ Al. Nói chung, việc micron hóa cấu trúc dẫn đến sự tăng tổn hao do sắt và do đó có thể làm suy giảm các đặc tính từ. Tuy nhiên, lượng Al thích hợp được kết hợp, do đó làm cho có thể điều chỉnh kích thước hạt tinh thể và cải thiện độ bền trong lúc giảm đến mức tối thiểu sự tăng tổn hao do sắt.

Hàm lượng của Mn, có đóng góp tương đối ít vào độ bền cao hơn và có tác động làm tăng điện trở, được giảm xuống.

Sáng chế đã được thực hiện dựa trên các phát hiện nêu trên. Sau đây, mỗi yêu cầu của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Theo sáng chế, khoảng số được biểu thị bằng từ “từ” có nghĩa là khoảng bao gồm các giá trị số được mô tả trước và sau từ “từ” dưới dạng giá trị giới hạn dưới và giá trị giới hạn trên.

Khoảng số trong trường hợp trong đó cụm từ “lớn hơn” hoặc “nhỏ hơn” được gắn vào giá trị số được mô tả trước và sau từ “từ” có nghĩa là khoảng không bao gồm các giá trị số này dưới dạng giá trị giới hạn dưới hoặc giá trị giới hạn trên.

Thuật ngữ “bước” bao gồm không chỉ một bước độc lập, mà còn bao gồm bước miễn là đạt được mục đích dự định của bước đó ngay cả khi bước này không thể được phân biệt rõ ràng với các bước khác.

Trong các khoảng số được mô tả trong các giai đoạn theo sáng chế, giá trị giới hạn trên được mô tả trong một khoảng số có thể được thay bằng giá trị giới hạn trên của khoảng số được mô tả trong một giai đoạn khác, hoặc giá trị giới hạn dưới được mô tả trong một khoảng số có thể được thay bằng giá trị giới hạn dưới của khoảng số được mô tả trong một giai đoạn khác.

Trong khoảng số được mô tả theo sáng chế, giá trị giới hạn trên hoặc giá trị giới hạn dưới của khoảng số có thể được thay thế bằng giá trị được thể hiện trong các ví dụ.

Theo sáng chế, phối hợp của các phương án được ưu tiên là phương án được ưu tiên hơn.

1. Cấu tạo tổng thể

Tấm thép điện không định hướng theo sáng chế có độ bền cao và các đặc tính từ vượt trội và do đó thích hợp đối với cả stato và rôto. Tấm thép điện không định hướng theo sáng chế tốt hơn là bao gồm lớp phủ cách điện trên bề mặt kim loại nên được mô tả dưới đây.

2. Thành phần hóa học của kim loại nền

Các lý do để giới hạn các nguyên tố là như sau. Lưu ý rằng, trong phần mô tả sau đây, “%” đối với hàm lượng nghĩa là “% khối lượng”.

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040%

C (cacbon) là nguyên tố làm tổn hao do sắt xấu đi. Nếu hàm lượng C vượt quá 0,0040%, sự xấu đi của tổn hao do sắt xảy ra trong tấm thép điện không định hướng, và không thể thu được các đặc tính từ có lợi. Tuy nhiên, C là nguyên tố hữu hiệu đối với độ bền cao hơn của tấm thép. Do đó, hàm lượng C được đặt đến nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040%. Hàm lượng C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0012%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0015%. Hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%

Si (silic) là nguyên tố làm tăng điện trở của thép để giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện tổn hao do sắt ở tần số cao. Si là nguyên tố cũng hữu hiệu đối với độ bền cao hơn của tấm thép vì Si có khả năng làm bền dung dịch rắn cao. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Si quá nhiều, khả năng gia công bị suy giảm đáng kể, và khó thực hiện bước cán nguội. Do đó, hàm lượng Si được đặt đến nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 4,1%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 4,2%. Hàm lượng Si còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,9%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,8%.

Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%

Mặc dù Mn (mangan) có tác động làm tăng điện trở của thép để giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện tổn hao do sắt ở tần số cao, tác động này nhỏ hơn tác động của Si và Al. Mặt khác, mật độ từ thông giảm khi hàm lượng Mn tăng. Do đó, hàm lượng Mn được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%. Hàm lượng Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,19%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,18%. Tuy nhiên, Mn có tác dụng ngăn chặn sự hóa giòn trong quá trình cán nóng do S mà chắc chắn được chứa trong thép. Do đó, hàm lượng Mn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,07%.

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%

Al (nhôm) là nguyên tố liên kết với N để tạo ra AlN và có tác dụng micron hóa ổn định các hạt tinh thể. Hàm lượng Al vừa phải có tác dụng làm mịn cấu trúc và bằng cách đó tăng độ bền của thép. Nếu hàm lượng Al lớn hơn hoặc bằng 0,050%, tác dụng micron hóa các hạt tinh thể giảm xuống. Do đó, hàm lượng Al được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%. Hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,012%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,015%. Hàm lượng Al còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,045%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,035%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%

P (phospho) được chứa trong thép dưới dạng tạp chất. Nếu hàm lượng của P quá nhiều, độ dai của tấm thép bị giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng P được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%. Hàm lượng P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,025%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%. Việc giảm hàm lượng P quá mức có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất, và do đó, hàm lượng P có thể lớn hơn hoặc bằng 0,005%, lớn hơn hoặc bằng 0,008%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,010%.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

S (lưu huỳnh) là nguyên tố tạo ra chất kết tủa mịn của MnS, bằng cách đó làm tăng tổn hao do sắt và làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép. Do đó, hàm lượng S được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Việc giảm hàm lượng S quá mức có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất, và do đó, hàm lượng S có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0001%, lớn hơn hoặc bằng 0,0003%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%

N (nitơ) là nguyên tố liên kết với Al để tạo ra AlN và có tác dụng micron hóa ổn định các hạt tinh thể. Tuy nhiên, nếu một lượng lớn AlN được chứa, AlN dư được tạo ra, dẫn đến sự xấu đi của tổn hao do sắt. Do đó, hàm lượng N được đặt đến nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%. Hàm lượng N tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,007%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Hàm lượng N còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0027%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%.

O: nằm trong khoảng từ 0,0100 đến 0,0400%

O (oxy) là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn và là nguyên tố tạo ra oxit, do đó làm tăng tổn hao do sắt và làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép. Do đó, được ưu tiên là hàm lượng O thấp. Tuy nhiên, khó giảm hàm lượng của O vì O tạo ra lớp oxit trên lớp bề mặt trong quá trình khử cacbon. Về vấn đề này, sự oxy hóa quá mức của lớp bề mặt của kim loại nền cũng gây ra sự suy giảm mật độ từ thông. Do đó, hàm lượng trung bình của O trong tổng chiều dày của kim loại nền được đặt đến nằm trong khoảng từ 0,0100 đến 0,0400%. Hàm lượng O tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0350%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0300%.

Mặc dù không thể tránh khỏi sự hình thành lớp oxit trên lớp bề mặt của kim loại nền như đã nêu ở trên, mong muốn giảm hàm lượng O trong vùng không bao gồm lớp bề mặt càng nhiều càng tốt. Cụ thể là, cần đặt hàm lượng O đến nhỏ hơn 0,0050% trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền. Oxy trong phần trung tâm của kim loại nền ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 10 μ m từ bề mặt của kim loại nền được cho là oxy được chứa trong oxit được tạo ra trong quá trình hóa rắn khi luyện thép. Nghĩa là, trong trường hợp trong đó phần lớp bề mặt được oxy hóa bằng cách kiểm soát điểm sương trong bước ủ hoàn thiện, quá trình oxy hóa trong xảy ra trong khoảng vài μ m chiều sâu từ bề mặt của kim loại nền, và hàm lượng O ở độ sâu lớn hơn hoặc bằng 10 μ m từ bề mặt của kim loại nền tương ứng với hàm lượng O trong quá trình luyện thép. Nếu lượng oxy này lớn hơn hoặc bằng 0,0050%, một lượng lớn oxit của kim loại nền được tạo ra, và tổn hao do từ trễ tăng. Do đó, hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền nhỏ hơn 0,0050%. Hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0045%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%.

Hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền có thể được đo bằng phương pháp hấp thụ hồng ngoại không phân tán nóng chảy bằng khí tro sau khi loại bỏ các vùng từ bề mặt trước của kim loại nền đến vị trí 10 μ m chiều sâu và từ bề mặt sau của kim loại nền

đến vị trí 10 μ m chiều sâu của kim loại nền bằng cách đánh bóng hóa học bằng cách sử dụng dung dịch trong nước hỗn hợp của axit flohydric và nước hydro peroxit.

Ca: nhỏ hơn 0,0010%

Ca (canxi) được bổ sung dưới dạng chất khử lưu huỳnh ở giai đoạn luyện thép. Ca còn lại trong kim loại nền liên kết với S để tạo ra sulfua trên cơ sở Ca. Sulfua này được kết tủa thô, do đó có ít tác dụng phụ lên sự phát triển hạt tinh thể và có tác dụng làm thô các hạt tinh thể. Tuy nhiên, cần micron hóa thích hợp kích thước hạt tinh thể để có độ bền cao hơn theo sáng chế, và do đó việc bổ sung một lượng lớn Ca là không cần thiết và cũng làm tăng chi phí. Do đó, hàm lượng Ca nhỏ hơn 0,0010%. Hàm lượng Ca tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0008%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0005%. Việc làm giảm quá mức hàm lượng Ca có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất, và do đó, hàm lượng Ca có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0001%.

Ti: nhỏ hơn 0,0050%

Ti (titan) là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn, và có thể liên kết với cacbon hoặc nitơ để tạo ra chất kết tủa (các carbit hoặc các nitrua). Bản thân các chất kết tủa làm suy giảm các đặc tính từ trong trường hợp các carbit hoặc các nitrua được tạo ra. Do đó, hàm lượng Ti được đặt đến nhỏ hơn 0,0050%. Hàm lượng Ti tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Việc làm giảm quá mức hàm lượng Ti có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất, và do đó, hàm lượng Ti có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

Nb: nhỏ hơn 0,0050%

Nb (niobi) là nguyên tố góp phần để có độ bền cao hơn bằng cách liên kết với cacbon hoặc nitơ để tạo ra chất kết tủa (các carbit), nhưng bản thân các chất kết tủa này lại làm suy giảm các đặc tính từ. Do đó, hàm lượng Nb được đặt đến nhỏ hơn 0,0050%. Hàm lượng Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Hàm lượng Nb tốt hơn là càng thấp càng tốt, và tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn giới hạn đo.

Zr: nhỏ hơn 0,0050%

Zr (ziricon) là nguyên tố góp phần để có độ bền cao hơn bằng cách liên kết với cacbon hoặc nitơ để tạo ra chất kết tủa (các carbit, các nitrua), nhưng bản thân các chất kết tủa này lại làm suy giảm các đặc tính từ. Do đó, hàm lượng Zr được đặt đến nhỏ hơn 0,0050%. Hàm lượng Zr tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Hàm lượng Zr tốt hơn là càng thấp càng tốt, và tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn giới hạn đo.

V: nhỏ hơn 0,0050%

V (vanadi) là nguyên tố góp phần để có độ bền cao hơn bằng cách liên kết với cacbon hoặc nitơ để tạo ra chất kết tủa (các carbit, các nitrua), nhưng bản thân các chất kết tủa này lại làm suy giảm các đặc tính từ. Do đó, hàm lượng V được đặt đến nhỏ hơn 0,0050%. Hàm lượng V tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Hàm lượng V tốt hơn là càng thấp càng tốt, và tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn giới hạn đo.

Cu: nhỏ hơn 0,20%

Cu (đồng) là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn. Việc bổ sung có chủ ý của Cu làm tăng chi phí sản xuất của tấm thép. Do đó, Cu không cần thiết phải được bổ sung tự nguyện vào và có thể ở mức tạp chất theo sáng chế. Hàm lượng Cu được đặt đến nhỏ hơn 0,20%, là giá trị lớn nhất mà chắc chắn có thể được trộn lẫn trong quá trình sản xuất. Hàm lượng Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%. Giá trị giới hạn dưới của hàm lượng Cu không bị giới hạn đặc biệt, nhưng việc làm giảm quá mức hàm lượng Cu có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất. Do đó, hàm lượng Cu có thể lớn hơn hoặc bằng 0,001%, lớn hơn hoặc bằng 0,003%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,005%.

Ni: nhỏ hơn 0,50%

Ni (niken) là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn. Tuy nhiên, Ni cũng là nguyên tố làm tăng độ bền của tấm thép, và do đó, Ni có thể được bổ sung một cách có chủ ý. Về vấn đề này, vì Ni đắt tiền, nên hàm lượng của Ni được đặt đến nhỏ hơn 0,50% trong trường hợp Ni được bổ sung một cách có chủ ý. Hàm lượng Ni tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%. Giá trị giới hạn dưới của hàm

lượng Ni không bị giới hạn đặc biệt, nhưng việc làm giảm quá mức hàm lượng Ni có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất. Do đó, hàm lượng Ni có thể lớn hơn hoặc bằng 0,001%, lớn hơn hoặc bằng 0,003%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,005%.

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%

Sn (thiếc) và Sb (antimon) là các nguyên tố có ích để bảo đảm tồn hao do sắt thấp bằng cách thiên tích trên bề mặt và ngăn chặn sự oxy hóa và nitrua hóa trong quá trình ủ. Sn và Sb cũng có tác dụng thiên tích ở biên hạt tinh thể để cải thiện kết cấu và làm tăng mật độ từ thông. Do đó, ít nhất một trong số Sn hoặc Sb có thể được kết hợp, nếu cần. Tuy nhiên, nếu hàm lượng của nguyên tố Sn hoặc Sb quá nhiều, độ dai của thép có thể bị giảm xuống, do đó có thể khó cán nguội. Do đó, các hàm lượng của Sn và Sb, mỗi hàm lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%. Mỗi trong số các hàm lượng của Sn và Sb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%. Hàm lượng của ít nhất một trong số Sn hoặc Sb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,01%, trong trường hợp trong đó cần thu được tác dụng nêu trên.

Trong thành phần hóa học của kim loại nền của tấm thép điện không định hướng của sáng chế, phần còn lại là Fe và các tạp chất. Về vấn đề này, thuật ngữ “các tạp chất” có nghĩa là các thành phần được trộn lẫn do các nguyên liệu thô như quặng và phế liệu, và các yếu tố khác của quá trình sản xuất khi thép được sản xuất công nghiệp, và có thể được chấp nhận trong khoảng không làm ảnh hưởng bất lợi đến tác dụng của sáng chế.

Các hàm lượng của Cr và Mo dưới dạng các nguyên tố tạp chất không bị giới hạn đặc biệt. Ngay cả khi các nguyên tố này được chứa với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, tác dụng của sáng chế không bị ảnh hưởng đặc biệt trong tấm thép điện không định hướng theo sáng chế. Ngay cả khi Mg được chứa trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%, tác dụng của sáng chế không bị ảnh hưởng đặc biệt. Ngay cả khi nguyên tố đất hiếm (REM) được chứa trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 0,004%, tác dụng của sáng chế không bị ảnh hưởng đặc biệt. REM là thuật ngữ chung dành cho tổng cộng 17 nguyên tố, là Sc, Y, và các nguyên tố họ lantan. Hàm lượng của REM dùng để chỉ tổng hàm lượng của một hoặc nhiều nguyên tố của REM.

Ngoài các nguyên tố nêu trên, các nguyên tố như Pb, Bi, As, B, và Se có thể được chứa, và tác dụng của sáng chế không bị giảm miễn là hàm lượng của mỗi nguyên tố trong khoảng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%.

3. Kích thước hạt tinh thể

Theo sáng chế, kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền không bị giới hạn đặc biệt. Tuy nhiên, mong muốn là các hạt tinh thể trong thép là các hạt mịn từ quan điểm độ bền cao hơn. Các hạt tinh thể tốt hơn là được làm thô để làm giảm tổn hao do từ trễ, và các hạt tinh thể tốt hơn là được micron hóa để làm giảm tổn hao do dòng xoáy.

Sự xấu đi của tổn hao do từ trễ có thể được giảm đến mức tối thiểu, và các đặc tính từ có thể được cải thiện, bằng cách đặt kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền đến lớn hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$. Tác dụng của việc cải thiện độ bền của thép có thể thu được bằng cách đặt kích thước hạt tinh thể trung bình đến nhỏ hơn hoặc bằng $80\mu\text{m}$. Do đó, kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền tốt hơn là được đặt đến nằm trong khoảng từ 10 đến $80\mu\text{m}$. Kích thước hạt tinh thể trung bình tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $12\mu\text{m}$, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng $14\mu\text{m}$. Kích thước hạt tinh thể trung bình còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $70\mu\text{m}$, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $60\mu\text{m}$.

Theo sáng chế, kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền được xác định theo JIS G 0551 (2013) “Steels-Micrographic determination of the apparent grain size”. Kích thước hạt tinh thể trong toàn bộ chiều dày tấm của kim loại nền được đo ở ba điểm tùy ý theo hướng cán bằng phương pháp cắt, và giá trị trung bình được lấy là kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền.

4. Các đặc tính từ

Trong tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, các đặc tính từ vượt trội có nghĩa là tổn hao do sắt $W_{10/400}$ thấp và mật độ từ thông B_{50} cao. Về vấn đề này, các đặc tính từ được đo bằng phương pháp Epstein được nêu trong JIS C 2550-1 (2011). Trong trường hợp trong đó khó đo bằng phương pháp Epstein, chẳng hạn, mẫu thử nghiệm quá nhỏ, phép đo có thể được thực hiện bằng cách hiệu chỉnh giá trị đo để tương

đương với giá trị đo của phương pháp Epstein theo phương pháp đo đặc tính từ của tấm đơn (Single Sheet Test: SST) như được nêu trong JIS C 2556 (2015). Theo sáng chế, tổn hao do sắt $W_{10/400}$ thấp có nghĩa là tổn hao do sắt nhỏ hơn hoặc bằng 35,0W/kg đối với chiều dày tấm lớn hơn hoặc bằng 0,26mm, nhỏ hơn hoặc bằng 25,0W/kg đối với chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,21 đến 0,25mm, và nhỏ hơn hoặc bằng 20,0W/kg đối với chiều dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 0,20mm. Mật độ từ thông B_{50} cao có nghĩa là từ thông lớn hơn hoặc bằng 1,60T không chú ý đến chiều dày tấm.

5. Các đặc tính cơ học

Trong tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, có độ bền cao có nghĩa là độ bền kéo tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 650MPa. Độ bền kéo tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 660MPa, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 700MPa. Về vấn đề này, độ bền kéo được đo bằng cách thực hiện thử nghiệm kéo theo JIS Z 2241 (2011).

6. Lớp phủ cách điện

Trong tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, được ưu tiên là lớp phủ cách điện được tạo ra lên bề mặt của kim loại nền như đã nêu ở trên. Các tấm thép điện không định hướng được xếp lớp và được sử dụng sau khi phôi lõi được đột dập, và do đó, việc cung cấp lớp phủ cách điện lên bề mặt của kim loại nền có thể làm giảm dòng xoáy giữa các tấm và làm cho có thể giảm tổn hao do dòng xoáy khi dùng làm lõi.

Loại của lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt, và lớp phủ cách điện đã biết được sử dụng làm lớp phủ cách điện cho tấm thép điện không định hướng có thể được sử dụng. Các ví dụ về lớp phủ cách điện như vậy bao gồm lớp phủ cách điện composit chủ yếu chứa chất vô cơ và còn chứa chất hữu cơ. Về vấn đề này, lớp phủ cách điện composit là lớp phủ cách điện có các hạt nhựa hữu cơ mịn được phân tán trong đó và chủ yếu chứa ít nhất một chất vô cơ bất kỳ, chẳng hạn, muối cromat kim loại, muối phosphat kim loại, và silic oxit dạng keo, hợp chất Zr, và hợp chất Ti. Đặc biệt, lớp phủ cách điện sử dụng muối kim loại phosphat, chất kết hợp với Zr hoặc Ti, hoặc muối cacbonat hoặc amoni của chúng làm nguyên liệu ban đầu tốt hơn là được sử dụng từ quan điểm làm giảm gánh nặng lên môi trường trong quá trình sản xuất, vốn được yêu cầu ngày càng tăng trong những năm gần đây.

Ở đây, lượng dính bám của lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt, nhưng, chẳng hạn, tốt hơn là khoảng từ 200 đến 1500mg/m² trên một bề mặt, và tốt hơn nữa là từ 300 đến 1200mg/m² trên một bề mặt. Tính đồng nhất vượt trội có thể được duy trì bằng cách tạo ra lớp phủ cách điện để có lượng bám dính nằm trong khoảng nêu trên. Đối với trường hợp đo lượng bám dính của lớp phủ cách điện sau đó, các phương pháp đo đã biết khác có thể được sử dụng, và chẳng hạn, phương pháp đo mức chênh lệch khối lượng trước và sau khi ngâm trong dung dịch natri hydroxit trong nước, phương pháp huỳnh quang tia X có sử dụng phương pháp đường cong hiệu chỉnh, hoặc phương pháp tương tự có thể được sử dụng một cách thích hợp.

7. Phương pháp sản xuất

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo sáng chế sẽ được mô tả. Tấm thép điện không định hướng theo sáng chế có thể được sản xuất bằng cách lần lượt thực hiện bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện trên thỏi thép có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng, C: nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%, Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%, Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%, Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%, O: nhỏ hơn 0,0050%, Ca: nhỏ hơn 0,0010%, Ti: nhỏ hơn 0,0050%, Nb: nhỏ hơn 0,0050%, Zr: nhỏ hơn 0,0050%, V: nhỏ hơn 0,0050%, Cu: nhỏ hơn 0,20%, Ni: nhỏ hơn 0,50%, Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất. Bước ủ tấm thép cán nóng có thể được cung cấp thêm giữa bước cán nóng và bước cán nguội. Trong trường hợp trong đó lớp phủ cách điện được tạo ra lên bề mặt của kim loại nền, lớp phủ cách điện được tạo ra sau khi ủ hoàn thiện. Sau đây, mỗi bước sẽ được mô tả chi tiết.

Thành phần hóa học của thỏi thép

Vì thành phần hóa học của thỏi thép là giống như thành phần hóa học của tấm thép ngoại trừ C và O, phần mô tả của nó được bỏ qua. Các lý do để giới hạn C và O sẽ được mô tả dưới đây.

C: nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%

C có tác dụng ngăn chặn nứt do giòn trong quá trình cán nguội bằng cách thiên tích ở các biên hạt. Hàm lượng C trong thép tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0020% để thu được tác dụng này. Tuy nhiên, nếu C quá dư thừa được chứa trong sản phẩm cuối cùng, các đặc tính từ có lợi không thể thu được như đã nêu ở trên. Theo sáng chế, việc khử cacbon được thực hiện trong bước ủ hoàn thiện để giảm hàm lượng C trong sản phẩm cuối cùng. Tuy nhiên, nếu hàm lượng C trong thép vượt quá 0,0060%, khó kiểm soát hàm lượng C trong sản phẩm cuối cùng đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Do đó, hàm lượng C trong thép tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%, tốt hơn nữa là từ 0,0025 đến 0,0050%, và còn tốt hơn nữa là từ 0,0030 đến 0,0045%.

O: nhỏ hơn 0,0050%

O là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn và tạo ra oxit, do đó làm tăng tổn hao do sắt và làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép. Hàm lượng O trong thép tốt hơn là nhỏ hơn 0,0050% để làm cho hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền nhỏ hơn 0,0050% trong sản phẩm cuối cùng như đã nêu ở trên.

Bước cán nóng

Thỏi thép (phôi) có thành phần hóa học đã mô tả ở trên được gia nhiệt, và thỏi thép đã gia nhiệt được cán nóng để thu được tấm thép cán nóng. Ở đây, nhiệt độ gia nhiệt đối với thỏi thép tại thời điểm cán nóng thỏi thép không bị giới hạn đặc biệt, nhưng tốt hơn là, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 1050 đến 1250°C. Chiều dày của tấm thép cán nóng sau khi cán nóng không bị giới hạn đặc biệt, nhưng tốt hơn là, chẳng hạn, khoảng từ 1,5 đến 3,0mm có xét đến chiều dày cuối cùng của kim loại nền.

Bước ủ tấm thép cán nóng

Sau đó, bước ủ tấm thép cán nóng được thực hiện, nếu cần, cho mục đích tăng mật độ từ thông của tấm thép. Các điều kiện xử lý nhiệt trong bước ủ tấm thép cán nóng không được chỉ định đặc biệt, nhưng chẳng hạn, gia nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 950°C là được ưu tiên. Thời gian gia nhiệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1 đến 300 giây. Bước ủ tấm thép cán nóng có thể được bỏ qua để giảm chi phí mặc dù các đặc tính từ kém hơn các đặc tính từ trong trường hợp thực hiện bước ủ tấm thép cán nóng.

Bước tẩy gỉ

Sau khi ủ tấm thép cán nóng, bước tẩy gỉ được thực hiện để loại bỏ lớp vảy được tạo ra trên bề mặt của kim loại nền. Ở đây, các điều kiện tẩy gỉ như nồng độ của axit được sử dụng cho bước tẩy gỉ, nồng độ của chất thúc đẩy được sử dụng cho bước tẩy gỉ, và nhiệt độ của chất lỏng tẩy gỉ không bị giới hạn đặc biệt, và các điều kiện tẩy gỉ đã biết có thể được sử dụng.

Bước cán nguội

Sau khi tẩy gỉ, bước cán nguội được thực hiện. Trong bước cán nguội, tấm đã được tẩy gỉ từ đó lớp vảy đã được loại bỏ được cán ở tỷ lệ giảm cán sao cho chiều dày tấm cuối cùng của kim loại nền nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,35mm.

Bước ủ hoàn thiện

Sau khi cán nguội, bước ủ hoàn thiện được thực hiện. Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, lò ủ liên tục được sử dụng để ủ hoàn thiện. Bước ủ hoàn thiện là bước quan trọng để thực hiện khử cacbon và kiểm soát hàm lượng C và kích thước hạt tinh thể trong kim loại nền.

Ở đây, các điều kiện ủ hoàn thiện không bị giới hạn đặc biệt, nhưng chẳng hạn, được ưu tiên là nhiệt độ ủ nóng đều nằm trong khoảng từ 750 đến 1050°C, thời gian ủ nóng đều nằm trong khoảng từ 1 đến 300 giây, môi trường khí là môi trường khí hỗn hợp gồm H₂ và N₂ trong đó tỷ lệ của H₂ nằm trong khoảng từ 10 đến 100% thể tích (nghĩa là, H₂ + N₂ = 100% thể tích), và điểm sương của môi trường khí nằm trong khoảng từ 0 đến 50°C.

Trong trường hợp nhiệt độ ủ nóng đều thấp hơn 750°C, kích thước hạt tinh thể trở nên nhỏ, và tổn hao do sắt bị xấu đi, là điều không được ưu tiên. Trong trường hợp trong đó nhiệt độ ủ nóng đều vượt quá 1050°C, độ bền trở nên không đủ, và tổn hao do sắt cũng bị xấu đi, điều này là không được ưu tiên. Nhiệt độ ủ nóng đều tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 770 đến 1000°C, và còn tốt hơn nữa là từ 780 đến 980°C. Tỷ lệ của H₂ trong môi trường khí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 15 đến 90% thể tích. Sự khử cacbon có thể được thực hiện đủ bằng cách đặt điểm sương của môi trường khí đến cao hơn hoặc bằng 0°C, bằng cách đó hàm lượng C trong kim loại nền có thể bị

giảm. Sự oxy hóa quá mức của bề mặt của kim loại nền có thể được ngăn chặn bằng cách đặt điểm sương của môi trường khí đến thấp hơn hoặc bằng 50°C . Điểm sương của môi trường khí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 10 đến 40°C , và còn tốt hơn nữa là từ 15 đến 35°C .

Bước tạo ra lớp phủ cách điện

Sau khi ủ hoàn thiện, bước tạo ra lớp phủ cách điện được thực hiện, nếu cần. Về vấn đề này, bước tạo ra lớp phủ cách điện không bị giới hạn đặc biệt, và bằng cách sử dụng chất lỏng xử lý màng cách điện đã biết như đã mô tả ở trên, việc phủ chất lỏng xử lý và làm khô có thể được thực hiện bằng phương pháp đã biết.

Bề mặt của kim loại nền trên đó lớp phủ cách điện sẽ được tạo ra có thể được tùy ý xử lý sơ bộ như xử lý tẩy nhòn bằng kiềm hoặc biện pháp tương tự hoặc xử lý tẩy gỉ bằng axit clohydric, axit sulfuric, axit phosphoric, hoặc chất tương tự trước khi phủ chất lỏng xử lý, hoặc có thể là bề mặt như nó vốn có sau khi ủ hoàn thiện mà không cần được xử lý sơ bộ.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa vào các ví dụ, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thỏi có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 được gia nhiệt đến 1150°C , sau đó được cán nóng ở nhiệt độ hoàn thiện 850°C và chiều dày tấm hoàn thiện $2,0\text{mm}$, và được cuộn lại ở 650°C để thu được tấm thép cán nóng. Tấm thép cán nóng thu được được trải qua bước ủ tấm thép cán nóng ở $900^{\circ}\text{C} \times 50$ giây bằng lò ủ liên tục, và vảy lên bề mặt được loại bỏ bằng bước tẩy gỉ. Tấm thép thu được theo cách như vậy được cán nguội thành tấm thép cán nguội có chiều dày tấm $0,25\text{mm}$.

Bước ủ được thực hiện tiếp trong môi trường khí hỗn hợp gồm H_2 : 20% và N_2 : 80% với các điều kiện ủ hoàn thiện khác nhau (điểm sương, nhiệt độ ủ nóng đều, và thời gian ủ nóng đều) để thu được các thành phần hóa học như được thể hiện trong bảng 2 dưới đây. Cụ thể là, điểm sương được tăng lên đối với trường hợp trong đó hàm lượng C được kiểm soát ở mức thấp. Điểm sương được hạ xuống đối với trường hợp trong đó hàm lượng C được kiểm soát để không bị thay đổi. Nhiệt độ ủ hoàn thiện được làm cho

cao hơn và/hoặc thời gian ủ nóng đều được làm cho dài hơn đối với trường hợp trong đó kích thước hạt tinh thể trung bình được kiểm soát ở mức lớn. Nhiệt độ ủ hoàn thiện và/hoặc thời gian ủ nóng đều được làm cho ngược so với ở trên đối với trường hợp trong đó kích thước hạt tinh thể trung bình được kiểm soát ở mức nhỏ. Sau đó, lớp phủ cách điện được phủ để tạo ra tấm thép điện không định hướng, và tấm thép này được sử dụng làm mẫu thử nghiệm.

Lớp phủ cách điện được tạo ra bằng cách phủ lớp phủ cách điện bao gồm nhôm phosphat và nhũ tương nhựa copolyme acryl-styren có kích thước hạt $0,2\mu\text{m}$ để thu được lượng dính bám đã được xác định trước, và nung lớp phủ cách điện ở 350°C trong không khí.

Bảng 1

Thành phần hóa học của thép (% khối lượng, phần còn lại: Fe và các tạp chất)																	
Loại thép	C	Si	Mn	Al	P	S	N	O	Ca	Ti	Nb	Zr	V	Cu	Ni	Sn	Sb
A	0,0035	3,9	0,15	0,033	0,013	0,0010	0,0015	0,0035	0,0005	0,0014	0,0008	0,0006	0,0009	0,055	0,030	0,027	0,001
B	0,0035	4,2	0,15	0,034	0,012	0,0010	0,0014	0,0033	0,0005	0,0012	0,0010	0,0007	0,0010	0,060	0,030	0,029	0,001
C	0,0042	4,5	0,18	0,025	0,015	0,0008	0,0012	0,0028	0,0004	0,0010	0,0009	0,0007	0,0008	0,005	0,009	0,022	0,001
D	0,0045	4,8	0,13	0,020	0,010	0,0007	0,0011	0,0025	0,0003	0,0018	0,0006	0,0005	0,0009	0,010	0,010	0,015	0,001
E	0,0045	5,1	0,15	0,022	0,010	0,0008	0,0012	0,0026	0,0004	0,0015	0,0008	0,0007	0,0008	0,005	0,010	0,015	0,001
F	0,0015	4,8	0,14	0,020	0,010	0,0007	0,0012	0,0030	0,0005	0,0015	0,0007	0,0008	0,0010	0,010	0,012	0,016	0,001
G	0,0063	4,2	0,13	0,025	0,011	0,0007	0,0012	0,0025	0,0005	0,0014	0,0009	0,0006	0,0010	0,010	0,009	0,014	0,001
H	0,0044	4,8	0,25	0,022	0,010	0,0008	0,0011	0,0024	0,0003	0,0012	0,0007	0,0005	0,0008	0,009	0,012	0,015	0,001
I	0,0032	4,5	0,15	0,008	0,015	0,0012	0,0015	0,0031	0,0005	0,0013	0,0010	0,0012	0,0008	0,053	0,032	0,025	0,001
J	0,0032	4,5	0,16	0,016	0,015	0,0013	0,0015	0,0032	0,0006	0,0013	0,0010	0,0013	0,0008	0,055	0,032	0,027	0,001
K	0,0034	4,5	0,15	0,040	0,016	0,0015	0,0016	0,0035	0,0008	0,0012	0,0010	0,0013	0,0009	0,055	0,035	0,024	0,001
L	0,0034	4,5	0,16	0,060	0,015	0,0013	0,0015	0,0032	0,0006	0,0013	0,0009	0,0013	0,0009	0,055	0,035	0,025	0,001
M	0,0045	4,8	0,18	0,030	0,015	0,0015	0,0015	0,0040	0,0008	0,0015	0,0010	0,0010	0,0006	0,035	0,015	0,001	0,025
N	0,0050	4,1	0,16	0,035	0,014	0,0011	0,0018	0,0038	0,0007	0,0012	0,0008	0,0008	0,0007	0,022	0,030	0,032	0,001
O	0,0033	4,2	0,15	0,035	0,012	0,0009	0,0013	0,0030	0,0003	0,0011	0,0005	0,0004	0,0006	0,005	0,009	0,001	0,001
P	0,0045	4,2	0,15	0,026	0,012	0,0008	0,0015	0,0030	0,0004	0,0010	0,0008	0,0006	0,0009	0,025	0,032	0,020	0,001
Q	0,0036	4,2	0,17	0,031	0,013	0,0029	0,0014	0,0035	0,0003	0,0011	0,0007	0,0005	0,0009	0,051	0,021	0,022	0,001
R	0,0046	4,1	0,13	0,035	0,015	0,0015	0,0040	0,0031	0,0003	0,0015	0,0008	0,0006	0,0009	0,021	0,029	0,030	0,001
S	0,0040	4,1	0,15	0,033	0,014	0,0014	0,0018	0,0060	0,0004	0,0014	0,0009	0,0005	0,0010	0,005	0,008	0,020	0,001

Đối với mỗi mẫu thử nghiệm thu được, kích thước hạt tinh thể trung bình của kim loại nền được đo bằng phương pháp cắt đã nêu ở trên theo JIS G 0551 (2013) “Steels-Micrographic determination of the apparent grain size”.

Hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền được đo bằng phương pháp đã nêu ở trên.

Các mẫu thử nghiệm Epstein được chụp từ hướng cán và hướng chiều rộng trong mỗi mẫu thử nghiệm, và các đặc tính từ (tổn hao do sắt $W_{10/400}$ và mật độ từ thông B_{50}) được đánh giá bằng thử nghiệm Epstein theo JIS C 2550-1 (2011). Mẫu thử nghiệm kéo số 5 theo JIS được lấy từ mỗi mẫu thử nghiệm theo JIS Z 2241 (2011) sao cho hướng chiều dọc trùng khớp với hướng cán của tấm thép. Sau đó, thử nghiệm kéo được thực hiện theo JIS Z 2241 (2011) bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm, và độ bền kéo được đo. Kết quả được thể hiện trong bảng 2.

Trong các bảng 1 và 2, các phần gạch chân đối với các thành phần hóa học nghĩa là nằm ngoài phạm vi của sáng chế, và, các phần gạch chân khác với các thành phần hóa học nghĩa là nằm ngoài các khoảng được ưu tiên.

Bảng 2

Thứ nghị số	Loại thép	Điều kiện ủ hoàn thiện			Thành phần hóa học của kim loại nền			Kích thước hạt tinh thể trung bình (µm)	Kết quả thử nghiệm		
		Nhiệt độ ủ nóng đều (°C)	Thời gian ủ nóng đều (giờ)	Điểm sương (°C)	C (% khối lượng)	O (% khối lượng)	Hàm lượng O trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt đến vị trí 10µm (% khối lượng)		Độ bền kéo (MPa)	W _{10/400} (W/kg)	B ₅₀ (T)
1	A	850	15	25	0,0026	0,0276	0,0035	20	628	17,3	1,64
2	B	850	15	25	0,0025	0,0280	0,0033	21	665	17,0	1,63
3		750	1	25	0,0024	0,0282	0,0032	8	741	30,9	1,63
4		800	5	25	0,0024	0,0278	0,0034	15	688	17,3	1,63
5	C	980	15	25	0,0026	0,0295	0,0028	55	656	12,0	1,62
6		1050	15	25	0,0027	0,0290	0,0028	95	638	11,8	1,61
7		950	15	25	0,0028	0,0300	0,0026	40	706	11,8	1,61
8	E	Gãy trong quá trình cán nguội									
9	F	Gãy trong quá trình cán nguội									
10	G	800	5	25	0,0048	0,0290	0,0025	14	683	25,1	1,63
11	H	950	15	25	0,0026	0,0296	0,0024	38	710	12,0	1,59
12	I	980	60	20	0,0020	0,0254	0,0030	88	641	11,8	1,61
13	J	980	60	20	0,0021	0,0260	0,0032	60	653	11,9	1,62
14	K	980	60	20	0,0019	0,0245	0,0034	54	657	12,0	1,62
15	L	980	60	20	0,0020	0,0240	0,0032	83	643	11,8	1,61
16	M	900	40	35	0,0020	0,0348	0,0040	35	710	12,9	1,60
17		900	40	55	0,0015	0,0453	0,0040	34	712	14,0	1,59
18	N	800	5	-10	0,0049	0,0038	0,0037	16	676	25,4	1,64
19		800	5	30	0,0022	0,0320	0,0037	15	678	18,0	1,63
20	O	850	15	30	0,0026	0,0022	0,0030	23	663	17,1	1,62
21	P	800	15	20	0,0039	0,0293	0,0030	18	680	20,5	1,63
22	Q	850	15	25	0,0026	0,0275	0,0029	20	672	19,1	1,63
23	R	800	10	30	0,0030	0,0288	0,0032	11	691	25,3	1,61
24	S	800	10	25	0,0029	0,0395	0,0050	14	676	25,6	1,62

Trong các thử nghiệm số 2 đến 7, 13, 14, 16, và 19 đến 22, thỏa mãn các yêu cầu của sáng chế, tổn hao do sắt nhỏ hơn hoặc bằng 25,0W/kg, mật độ từ thông lớn hơn hoặc bằng 1,60 T, và độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 650MPa. Trong số chúng, đặc biệt là trong các thử nghiệm số 2, 4, 5, 7, 13, 14, 16, 19, và 20, mà có kích thước hạt tinh thể trung bình nằm trong khoảng từ 10 đến 80 μ m, kết quả thể hiện sự cân bằng vượt trội giữa độ bền và các đặc tính từ.

Mặt khác, trong các thử nghiệm số 1, 8 đến 12, 15, 17, 18, 23, và 24, là các ví dụ so sánh, ít nhất là bất kỳ một trong số các đặc tính từ hoặc độ bền là kém, hoặc độ dai bị suy giảm đáng kể, do đó khó thực hiện sản xuất.

Cụ thể là, trong thử nghiệm số 1, hàm lượng Si thấp hơn khoảng được chỉ định, dẫn đến độ bền kéo kém. Vì hàm lượng Si vượt quá khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 8, và hàm lượng C thấp hơn khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 9, độ dai bị suy giảm, do đó xảy ra hiện tượng gãy trong quá trình cán nguội, và bằng cách đó, việc đo kích thước hạt tinh thể trung bình, độ bền kéo, và các đặc tính từ có thể không được thực hiện. Trong thử nghiệm số 10, hàm lượng C của thép cao hơn khoảng được chỉ định, và hàm lượng C của kim loại nền của tấm thép cao hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém.

Trong thử nghiệm số 11, hàm lượng Mn vượt quá khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến mật độ từ thông kém. Vì hàm lượng Al thấp hơn khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 12, và hàm lượng Al cao hơn khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 15, kích thước hạt tinh thể trung bình có thể không được kiểm soát một cách ổn định, và các kích thước hạt tinh thể trung bình lớn hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến độ bền kéo kém. Trong thử nghiệm số 17 trong đó thành phần hóa học thỏa mãn đặc tính kỹ thuật, vì điểm sưng cao hơn khoảng được chỉ định, hàm lượng O của kim loại nền của tấm thép cao hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến mật độ từ thông kém. Trong thử nghiệm số 18, vì điểm sưng thấp hơn khoảng được chỉ định, hàm lượng C của kim loại nền của tấm thép cao hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém.

Trong thử nghiệm số 23, hàm lượng N vượt quá khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém. Trong thử nghiệm số 24, hàm lượng O trong vùng không bao

gồm lớp bề mặt 10 μ m của tấm thép (kim loại nền) vượt quá khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Như đã mô tả ở trên, tấm thép điện không định hướng có độ bền cao và các đặc tính từ vượt trội có thể thu được ở chi phí thấp theo sáng chế.

Bản mô tả của đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2020-073210 nộp ngày 16 tháng 4 năm 2020 được đưa vào đây bằng cách viện dẫn toàn bộ. Tất cả các tài liệu, các đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế, và các tiêu chuẩn kỹ thuật được mô tả trong bản mô tả này được đưa vào đây bằng cách viện dẫn đến mức độ giống như thể tài liệu, đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế, và tiêu chuẩn kỹ thuật riêng lẻ được mô tả cụ thể và riêng lẻ.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này bao gồm kim loại nền có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng:

C: nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,0040%,

Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%,

Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%,

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%,

O: nằm trong khoảng từ 0,0100 đến 0,0400%,

Ca: nhỏ hơn 0,0010%,

Ti: nhỏ hơn 0,0050%,

Nb: nhỏ hơn 0,0050%,

Zr: nhỏ hơn 0,0050%,

V: nhỏ hơn 0,0050%,

Cu: nhỏ hơn 0,20%,

Ni: nhỏ hơn 0,50%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

trong đó, kim loại nền có hàm lượng O nhỏ hơn 0,0050% trong vùng không bao gồm phần từ bề mặt của kim loại nền đến vị trí 10 μ m theo hướng chiều sâu của kim loại nền.

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

trong đó, kim loại nền có kích thước hạt tinh thể trung bình nằm trong khoảng từ 10 đến 80 μ m.

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

có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 650MPa.

4. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

có lớp phủ cách điện lên bề mặt của kim loại nền.

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

phương pháp này bao gồm bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện được thực hiện lần lượt trên thép có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%,

Si: nằm trong khoảng từ 4,0 đến 5,0%,

Mn: nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%,

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn 0,050%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0030%,

O: nhỏ hơn 0,0050%,

Ca: nhỏ hơn 0,0010%,

Ti: nhỏ hơn 0,0050%,

Nb: nhỏ hơn 0,0050%,

Zr: nhỏ hơn 0,0050%,

V: nhỏ hơn 0,0050%,

Cu: nhỏ hơn 0,20%,

Ni: nhỏ hơn 0,50%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 5,

còn bao gồm bước ủ tấm thép cán nóng gồm việc gia nhiệt ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 950°C , giữa bước cán nóng và bước cán nguội.