



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0043229
(51)^{2022.01} C22C 38/00; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12

(21) 1-2022-07385 (22) 16/04/2021
(86) PCT/JP2021/015700 16/04/2021 (87) WO 2021/210672 A1 21/10/2021
(30) 2020-073211 16/04/2020 JP
(45) 25/02/2025 443 (43) 27/01/2023 418
(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) 1-2022-07385

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng bao gồm kim loại nền, trong đó tấm thép này 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 3,5 đến 4,9%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%, Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 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, và thỏa mãn $[4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0]$, 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 μm 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.

Lõi 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, các nỗ lực đã được thực hiện để đạt được các đặc tính từ vượt trội và độ bền cao trong các tài liệu sáng chế 1 đến 3. Trong tài liệu sáng chế 4, nỗ lực đã được thực hiện để đạt được mật độ từ thông cao và tổn hao do sắt thấp trong khoảng tần số rộng.

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 H11-092891

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 3 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. Ngoài ra, độ bền không được xem xét trong kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 4.

Sáng chế đã được thực hiện để giải quyết vấn đề này, và mục đích của bản mô tả này 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.

Cách thức 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 3,5 đến 4,9%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 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%, và

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó công thức (i) sau đây được thỏa mãn:

Công thức (i): $4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0$

trong đó mỗi ký hiệu nguyên tố trong công thức (i) là hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng trong kim loại nền, và

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 μm theo hướng chiều sâu của kim loại nền.

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

có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 600MPa.

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

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

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), trong đó:

phương pháp này bao gồm bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện với 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, và điểm sương nằm trong khoảng từ 0 đến 50°C,

trong đó bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện được thực hiện lần lượt 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 3,5 đến 4,9%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 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%, và

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó công thức (i) sau đây được thỏa mãn:

Công thức (i): $4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0$

trong đó mỗi ký hiệu nguyên tố trong công thức (i) là hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng trong thỏi thép.

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (4),

còn bao gồm bước ủ tấm thép cán nóng giữa bước cán nóng và bước cán nguội.

Tác dụng có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, tấm thép điện không định hướng có độ bền cao và các đặc tính từ vượt trội có thể thu được một cách ổn định ở chi phí thấp.

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 tăng lên mà các đặc tính từ lại bị giảm xuống.

Việc sử dụng Si và Al có hiệu quả để đạt được độ bền cao hơn mà không cần kết hợp nguyên tố hợp kim đắt tiền 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 và Al 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.

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 3,5 đến 4,9%

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 3,5 đến 4,9%. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3,6%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 3,7%. Hàm lượng Si còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,8%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,7%.

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 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. 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 được đặt đến nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%. Hàm lượng Mn tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,06 đến 0,19% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là từ 0,07 đến 0,18% hoặc nhỏ hơn.

Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%

Al (nhôm) là nguyên tố có tác động làm tăng điện trở của thép, bằng cách đó làm giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện tổn hao do sắt ở tần số cao. Ngoài ra, Al là nguyên tố góp phần để có độ bền cao hơn bằng cách tăng bền dung dịch rắn mặc dù không nhiều như Si. Tuy nhiên, trong trường hợp thép có hàm lượng Si cao như thép có hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 3,5%, độ dai bị suy giảm đáng kể nếu hàm lượng Al

quá nhiều, dẫn đến nứt do giòn trong quá trình cán nguội. Do đó, hàm lượng Al được đặt đến nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%. Hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,10%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,15%. Hàm lượng Al còn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,38%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,35%.

Theo sáng chế, điện trở của thép được bảo đảm bằng cách kiểm soát thích hợp các hàm lượng của Si và Al. Việc kiểm soát thích hợp này cũng được yêu cầu từ quan điểm bảo đảm độ bền và độ dai. Do đó, các hàm lượng của Si và Al cần phải thỏa mãn công thức (i) được mô tả dưới đây ngoài mỗi trong số các hàm lượng của Si và Al nằm trong khoảng đã mô tả ở trên. Giá trị của $Si + sol. Al$ tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 4,2, và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,8.

Công thức (i): $4,0 \leq Si + Al \leq 5,0$

Trong đó mỗi ký hiệu nguyên tố trong công thức (i) là hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng.

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: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%

N (nitơ) là nguyên tố chắc chắn được trộn lẫn và tạo ra nitrua, do đó làm tăng tổn hao do sắt và làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép. Do đó, hàm lượng N được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Hàm lượng N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0025%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Việc làm giảm quá mức N hàm lượng có thể dẫn đến tăng chi phí sản xuất, và do đó, hàm lượng N có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

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 10µm 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 trơ sau khi loại bỏ các vùng từ bề mặt trước của kim loại nền đến vị trí 10µm chiều sâu và từ bề mặt sau của kim loại nền đến vị trí 10µm 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 có thể được kết tủa thô, bằng cách đó làm suy giảm độ bền mỏi của sản phẩm. Do đó, việc bổ sung một lượng lớn Ca là không cần thiết, và còn 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 này làm suy giảm các đặc tính từ trong trường hợp các carbit hoặc các nitrua được tạo ra. Hơn nữa, sự phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ hoàn thiện bị ức chế, do đó các đặc tính từ bị suy giảm. 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. 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 30,0W/kg đối với chiều dày tấm lớn hơn hoặc bằng 0,26mm, nhỏ hơn hoặc bằng 22,0W/kg đối với chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,21 đến 0,25mm, và nhỏ hơn hoặc bằng 18,0W/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.

4. 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 600MPa. Độ bền kéo tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 610MPa, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 630MPa. Về vấn đề này, độ bền kéo được đo bằng cách thực hiện thử nghiệm kéo theo JIS Z 2241 (2011).

5. 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 nên 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.

6. Phương pháp sản xuất

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo bản mô tả này sẽ được mô tả. Tấm thép điện không định hướng theo bản mô tả này có thể được sản xuất bằng cách lần lượt thực hiện bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện với 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, và điểm sương nằm trong khoảng từ 0 đến 50°C 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 3,5 đến 4,9%, Mn: nằm trong khoảng từ

0,05 đến 0,20%, Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 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, và thỏa mãn công thức (i) đã mô tả ở trên. 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 thỏi 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 thỏi 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 thỏi thép tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0020 đến 0,0060%, tốt hơn nữa là từ 0,0025 đến 0,0055%, và còn tốt hơn nữa là từ 0,0030 đến 0,0050%.

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 thỏi 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.

Về các điều kiện ủ hoàn thiện, 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 H_2 và N_2 (nghĩa là, $H_2 + N_2 = 100\%$ thể tích) trong đó tỷ lệ của H_2 nằm trong khoảng từ 10 đến 100% thể tích, và điểm sương của môi trường khí nằm trong khoảng từ 0 đến 50°C.

Trong trường hợp trong đó nhiệt độ ủ nóng đều thấp hơn 750°C, kích thước hạt tinh thể trở nên nhỏ, tỷ lệ của vùng không được kết kinh lại gia tăng, và tổn hao do sắt bị xấu đi, điều này là 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 1020°C, và còn tốt hơn nữa là từ 800 đến 1000°C. Tỷ lệ của H_2 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 nhờn 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 2,0mm, và được cuộn lại ở 650°C để thu được tấm thép cán nóng. Trong các thử nghiệm số 1 đến 18 và 20 đến 25 được thể hiện trong bảng 2, tấm thép cán nóng thu được được trải qua bước ủ tấm thép cán nóng ở $900^{\circ}\text{C} \times 40$ giây bằng lò ủ liên tục, và vảy lên bề mặt được loại bỏ bằng bước tẩy gỉ. Trong thử nghiệm số 19 được thể hiện trong bảng 2, vảy lên bề mặt của tấm thép cán nóng thu được được loại bỏ bằng bước tẩy gỉ, và sau đó, bước ủ tấm thép cán nóng được bỏ qua. Do đó, tấm thép thu được được cán nguội thành tấm thép cán nguội có chiều dày tấm 0,25mm.

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 (nhiệt độ ủ nóng đều, thời gian ủ nóng đều, và điểm sương) để thu được các thành phần hóa học như được thể hiện trong bảng 2 dưới đây. 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. 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

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa học của thép (% khối lượng, phần còn lại: Fe và các tạp chất)														Giá trị phân giữ của công thức (i) [†]			
	C	Si	Mn	Al	P	S	N	O	Ca	Ti	Nb	Zr	V	Cu		Ni	Sn	Sb
A	0,0035	3,4	0,16	0,50	0,014	0,0009	0,0015	0,0029	0,0005	0,0014	0,0008	0,0006	0,0009	0,060	0,032	0,030	0,001	3,9
B	0,0035	3,7	0,16	0,35	0,015	0,0010	0,0015	0,0030	0,0005	0,0015	0,0009	0,0006	0,0008	0,062	0,030	0,029	0,001	4,1
C	0,0038	4,1	0,15	0,30	0,014	0,0008	0,0013	0,0028	0,0004	0,0012	0,0008	0,0007	0,0008	0,035	0,023	0,025	0,001	4,4
D	0,0045	4,5	0,17	0,21	0,008	0,0009	0,0012	0,0025	0,0006	0,0014	0,0010	0,0009	0,0010	0,010	0,025	0,027	0,001	4,7
E	0,0050	4,8	0,14	0,19	0,011	0,0012	0,0013	0,0020	0,0005	0,0012	0,0009	0,0006	0,0009	0,015	0,035	0,020	0,001	5,0
F	0,0050	4,8	0,14	0,39	0,008	0,0010	0,0012	0,0020	0,0004	0,0010	0,0010	0,0007	0,0009	0,018	0,035	0,020	0,001	5,2
G	0,0016	4,8	0,14	0,18	0,011	0,0011	0,0013	0,0022	0,0006	0,0011	0,0008	0,0007	0,0008	0,015	0,030	0,021	0,001	5,0
H	0,0065	4,1	0,18	0,22	0,012	0,0009	0,0011	0,0025	0,0005	0,0013	0,0009	0,0008	0,0009	0,010	0,025	0,028	0,001	4,3
I	0,0050	4,8	0,26	0,19	0,011	0,0010	0,0013	0,0021	0,0004	0,0012	0,0008	0,0007	0,0009	0,016	0,035	0,020	0,001	5,0
J	0,0038	4,2	0,15	0,04	0,013	0,0008	0,0012	0,0035	0,0004	0,0011	0,0008	0,0006	0,0008	0,030	0,025	0,025	0,001	4,2
K	0,0038	4,2	0,14	0,41	0,014	0,0009	0,0013	0,0028	0,0007	0,0010	0,0007	0,0008	0,0010	0,055	0,032	0,035	0,001	4,6
L	0,0037	4,4	0,14	0,60	0,012	0,0009	0,0013	0,0025	0,0007	0,0010	0,0007	0,0008	0,0009	0,053	0,030	0,033	0,001	5,0
M	0,0045	4,8	0,17	0,19	0,012	0,0005	0,0012	0,0026	0,0005	0,0012	0,0008	0,0008	0,0007	0,040	0,020	0,001	0,025	5,0
N	0,0053	4,1	0,15	0,32	0,020	0,0015	0,0014	0,0028	0,0008	0,0013	0,0010	0,0009	0,0008	0,010	0,020	0,032	0,001	4,4
O	0,0033	4,3	0,16	0,35	0,001	0,0008	0,0012	0,0025	0,0003	0,0014	0,0008	0,0008	0,0006	0,056	0,032	0,001	0,001	4,7
P	0,0045	4,0	0,10	0,18	0,023	0,0016	0,0020	0,0033	0,0005	0,0013	0,0009	0,0010	0,0009	0,057	0,036	0,023	0,001	4,2
Q	0,0036	3,9	0,18	0,29	0,016	0,0029	0,0018	0,0030	0,0008	0,0016	0,0007	0,0008	0,0006	0,009	0,011	0,018	0,001	4,2
R	0,0035	4,5	0,18	0,48	0,016	0,0010	0,0018	0,0024	0,0005	0,0014	0,0008	0,0008	0,0008	0,012	0,015	0,025	0,001	5,0
S	0,0042	3,6	0,15	0,40	0,014	0,0015	0,0020	0,0058	0,0003	0,0015	0,0010	0,0007	0,0010	0,062	0,036	0,020	0,001	4,0
T	0,0040	3,6	0,17	0,30	0,012	0,0010	0,0019	0,0029	0,0006	0,0014	0,0009	0,0010	0,0010	0,053	0,033	0,021	0,001	3,9
U	0,0036	3,4	0,16	0,45	0,015	0,0011	0,0015	0,0025	0,0005	0,0015	0,0010	0,0006	0,0010	0,031	0,025	0,022	0,001	3,9

[†] Công thức (i): $-4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0$

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

Thử nghiệm số	Loại thép	Điều kiện ủ hoàn thiện			Thành phần hóa học của kim loại nền			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)	O hàm lượng trong vùng không bao gồm phần tử bề mặt đến vị trí 10 μ m (% khối lượng)	Độ bền kéo (MPa)	W _{10/400} (W/kg)	B ₅₀ (T)	
1	A	850	15	20	0,0025	0,0260	0,0029	<u>579</u>	15,3	1,67	Ví dụ so sánh
2	B	850	15	20	0,0026	0,0265	0,0030	606	14,6	1,66	Ví dụ của sáng chế
3	C	<u>740</u>	15	25	0,0025	0,0283	0,0027	728	<u>23,5</u>	1,65	Ví dụ so sánh
4		900	15	25	0,0025	0,0283	0,0026	636	13,1	1,65	Ví dụ của sáng chế
5		<u>1060</u>	15	25	0,0028	0,0262	0,0020	<u>595</u>	11,3	1,64	Ví dụ so sánh
6	D	950	30	30	0,0024	0,0293	0,0020	667	11,2	1,63	Ví dụ của sáng chế
7	E	950	30	30	0,0029	0,0299	0,0023	702	11,0	1,61	
8	F	Gãy trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
9	G										
10	H	800	15	30	<u>0,0047</u>	0,0300	0,0025	672	<u>22,3</u>	1,66	
11	I	1000	15	30	0,0030	0,0295	0,0021	692	11,3	<u>1,59</u>	
12	J	800	20	25	0,0025	0,0263	0,0034	673	<u>22,5</u>	1,65	Ví dụ của sáng chế
13	K	800	20	25	0,0026	0,0265	0,0025	695	15,7	1,64	
14	L	Gãy trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
15	M	900	40	35	0,0020	0,0345	0,0026	719	12,6	1,60	Ví dụ của sáng chế
16		900	40	<u>55</u>	0,0015	<u>0,0455</u>	0,0025	716	12,9	<u>1,59</u>	Ví dụ so sánh
17	N	800	15	<u>-10</u>	<u>0,0052</u>	0,0030	0,0026	679	<u>22,2</u>	1,65	
18		800	15	30	0,0028	0,0312	0,0026	675	16,7	1,64	Ví dụ của sáng chế
19	O	950	15	15	0,0026	0,0255	0,0025	651	11,3	1,62	
20	P	800	15	15	0,0039	0,0240	0,0030	655	18,3	1,65	
21	Q	800	10	25	0,0027	0,0270	0,0028	641	19,8	1,65	
22	R	Gãy trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
23	S	800	15	25	0,0036	0,0310	<u>0,0055</u>	603	<u>23,0</u>	1,66	
24	T	800	15	25	0,0035	0,0292	0,0028	<u>592</u>	21,5	1,67	
25	U	800	15	25	0,0030	0,0285	0,0026	<u>590</u>	21,2	1,67	

Trong các thử nghiệm số 2, 4, 6, 7, 13, 15, 16, và 18 đến 21, trong đó các thành phần hóa học của các tấm thép và các nhiệt độ ủ nóng đều, các thời gian ủ nóng đều, và các điểm sương sau khi ủ hoàn thiện thỏa mãn các yêu cầu của sáng chế, đã phát hiện ra rằng các tấm thép mỗi tấm có tổn hao do sắt và mật độ từ thông vượt trội, đặc biệt là có tổn hao do sắt thấp, và có độ bền kéo cao là lớn hơn hoặc bằng 600MPa.

Mặt khác, trong các thử nghiệm số 1, 3, 5, 8 đến 12, 14, 17, và 22 đến 25, 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 sản xuất.

Cụ thể là, trong thử nghiệm số 1, hàm lượng Si thấp hơn khoảng được chỉ định, hàm lượng Al cao hơn khoảng được chỉ định, và tổng của các hàm lượng Si và Al thấp hơn giá trị được chỉ định của công thức (i), do đó dẫn đến độ bền kéo kém. Các thử nghiệm so sánh số 3 đến 6 trong đó các thành phần hóa học thỏa mãn các yêu cầu, trong thử nghiệm số 3, nhiệt độ ủ nóng đều của ủ hoàn thiện thấp hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém, và trong thử nghiệm số 5, nhiệt độ ủ nóng đều của ủ hoàn thiện cao hơn khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến độ bền kéo kém.

Vì tổng của các hàm lượng Si và Al cao hơn giá trị được chỉ định của công thức (i) trong thử nghiệm số 8, hàm lượng C của thép thấp hơn khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 9, và hàm lượng Al vượt quá khoảng được chỉ định trong thử nghiệm số 14, độ dai do đó bị suy giảm, bằng cách đó hiện tượng gãy xảy ra trong quá trình cán nguội, và có thể không thực hiện được phép đo độ bền kéo và các đặc tính từ. Trong thử nghiệm số 10, hàm lượng C của kim loại nền cao, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém. Trong thử nghiệm số 11, hàm lượng Mn cao hơn giá trị được chỉ định, do đó dẫn đến mật độ từ thông kém. Trong thử nghiệm số 12, hàm lượng Al thấp hơn giá trị được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém.

Trong thử nghiệm số 17, điểm sương của ủ hoàn thiện dưới khoảng được chỉ định, và hàm lượng C của kim loại nền vượt quá khoảng được chỉ định, do đó dẫn đến tổn hao do sắt kém.

Trong thử nghiệm số 22, hàm lượng Al vượt quá khoảng được chỉ định, và độ dai do đó bị suy giảm, do đó hiện tượng gãy xảy ra trong quá trình cán nguội, và có thể

không thực hiện được phép đo độ bền kéo và các đặc tính từ tương tự với thử nghiệm số 14.

Trong thử nghiệm số 23, 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.

Trong thử nghiệm số 24, mặc dù mỗi trong số các hàm lượng Si và Al nằm trong khoảng đã chỉ định, tổng của các hàm lượng Si và Al thấp hơn giá trị được chỉ định của công thức (i), do đó dẫn đến độ bền kéo kém.

Trong thử nghiệm số 25, hàm lượng Si thấp hơn giá trị được chỉ định, và hơn nữa, tổng của các hàm lượng Si và Al thấp hơn giá trị được chỉ định của công thức (i), do đó dẫn đến độ bền kéo 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 một cách ổn định ở chi phí thấp theo sáng chế.

Bản mô tả của đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2020-073211 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 bao gồm kim loại nền, trong đó tấm thép này 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 3,5 đến 4,9%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 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%, và

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, công thức (i) sau đây được thỏa mãn:

Công thức (i): $4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0$

trong đó, mỗi ký hiệu nguyên tố trong công thức (i) là hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng trong kim loại nền, và

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,

có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 600MPa.

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

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

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

phương pháp này bao gồm bước cán nóng, bước cán nguội, và bước ủ hoàn thiện với 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, và điểm sương nằm trong khoảng từ 0 đến 50°C,

trong đó, 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 3,5 đến 4,9%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,20%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,45%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 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%, và

Sb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó công thức (i) sau đây được thỏa mãn:

Công thức (i): $4,0 \leq \text{Si} + \text{Al} \leq 5,0$

trong đó mỗi ký hiệu nguyên tố trong công thức (i) là hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố tương ứng trong thép.

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

còn bao gồm bước ủ tấm thép cán nóng giữa bước cán nóng và bước cán nguội.