



(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
1-0044908
(51)^{2020.01} C21D 8/12; C22C 38/60; H01F 1/147; (13) B
C22C 38/00

(21) 1-2022-02558 (22) 13/11/2020
(86) PCT/JP2020/042428 13/11/2020 (87) WO 2021/095846 A1 20/05/2021
(30) 2019-206813 15/11/2019 JP; 2019-206709 15/11/2019 JP
(45) 25/04/2025 445 (43) 25/08/2022 413A
(71) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) Tesshu MURAKAWA (JP); Miho TOMITA (JP); Hiroshi FUJIMURA (JP); Satoshi KANO (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(21) 1-2022-02558

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học trong đó, theo % khối lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, Si: nằm trong khoảng từ 1,50% đến 4,00%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 1,0%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% và một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au: tổng cộng nằm trong khoảng từ 2,50% đến 5,00% với phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 1% đến 99% trong cấu trúc kim tướng học, độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 0,50mm, và, trong trường hợp đo mật độ từ thông B50 sau khi ủ tấm thép điện không định hướng ở 800°C trong hai giờ, mật độ từ thông B50 theo hướng 45° so với hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1,75T.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép điện không định hướng được sử dụng cho, chẳng hạn, lõi của động cơ, và các tấm thép điện không định hướng cần phải có các đặc tính từ vượt trội, chẳng hạn, tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao, trên trung bình theo tất cả các hướng song song với bề mặt tấm của nó (sau đây, được gọi là “trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) trong bề mặt tấm” trong một số trường hợp). Nhiều kỹ thuật khác nhau đã được đề xuất cho đến nay, nhưng khó thu được các đặc tính từ đủ theo mọi hướng trong bề mặt tấm. Chẳng hạn, có các trường hợp, ngay cả khi các đặc tính từ đủ có thể thu được theo một hướng cụ thể trong bề mặt tấm, thì các đặc tính từ đủ có thể không thu được theo các hướng khác.

Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 3 bộc lộ kỹ thuật phát triển các hạt tinh thể $\{100\}$ bằng cách sử dụng quá trình biến đổi pha cho mục đích cải thiện các đặc tính từ. Tuy nhiên, theo phương pháp này, cần tăng độ dày tấm sau khi cán nóng đến xấp xỉ 4mm như được mô tả trong các ví dụ của tài liệu sáng chế 3. Độ dày này gây ra các vấn đề khó khăn trong việc quấn tấm thép cán nóng sau khi cán nóng và khó khăn trong việc quấn trong bước tẩy gỉ hoặc sự vận hành dây chuyền.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1

Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 4029430

Tài liệu sáng chế 2

Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 6319465

Tài liệu sáng chế 3

Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm, công bố lần thứ nhất số 2017-193731

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế đã được thực hiện dựa vào các vấn đề nêu trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng có thể thu được các đặc tính từ vượt trội trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng).

Biện pháp để giải quyết vấn đề

(1) Tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh của sáng chế có thành phần hóa học trong đó:

theo % khối lượng,

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

Si: nằm trong khoảng từ 1,50% đến 4,00%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 1,0%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au: tổng cộng nằm trong khoảng từ 2,50% đến 5,00%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%,

P: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%, và

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0000% đến 0,0100% được chứa,

khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được ký hiệu là [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được ký hiệu là [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được ký hiệu là [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được ký hiệu là [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được ký hiệu là [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được ký hiệu là [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được ký hiệu là [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được ký hiệu là [Si], và hàm

lượng sol. Al (% khối lượng) được ký hiệu là [sol. Al], thì công thức (1) dưới đây được thỏa mãn, và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 1% đến 99% trong cấu trúc kim tướng học, độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 0,50mm, và,

trong trường hợp đo mật độ từ thông B50 sau khi ủ tấm thép điện không định hướng ở 800°C trong hai giờ, mật độ từ thông B50 theo hướng 45° so với hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1,75T.

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) > 0\% \dots (1)$$

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

khi giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng cán được ký hiệu là B50L, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 45° so với hướng cán được ký hiệu là B50D1, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 90° so với hướng cán được ký hiệu là B50C, và giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 135° so với hướng cán được ký hiệu là B50D2, sau khi ủ tấm thép điện không định hướng được ủ ở 800°C trong hai giờ, công thức (2) dưới đây có thể được thỏa mãn.

$$(B50D1 + B50D2)/2 > (B50L + B50C)/2 \dots (2)$$

(3) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục (2),

công thức (3) dưới đây có thể được thỏa mãn.

$$(B50D1 + B50D2)/2 > 1,1 \times (B50L + B50C)/2 \dots (3)$$

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

theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Sn: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%, và

P: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%.

(5) Tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) có thể còn chứa:

theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%.

(6) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5),

trong cấu trúc kim tương học, tỷ lệ kết tinh lại có thể nằm trong khoảng từ 50% đến 99%.

(7) Trong tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6),

trong cấu trúc kim tương học, tỷ lệ kết tinh lại có thể nằm trong khoảng từ 80% đến 99%.

Tác dụng của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép điện không định hướng trong đó có thể thu được các đặc tính từ vượt trội trên trung bình toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng).

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án để thực hiện sáng chế

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết các vấn đề nêu trên. Kết quả là, đã làm rõ được rằng điều quan trọng là tạo ra thành phần hóa học, độ dày và tỷ lệ kết tinh lại thích hợp. Cũng đã làm rõ được rằng, trong quá trình sản xuất tấm thép điện không định hướng như vậy, điều quan trọng là thành phần hóa học của quá trình biến đổi α - γ được giả định trước, cấu trúc tinh thể được tinh luyện bằng cách biến đổi từ austenit thành ferit trong quá trình cán nóng, ngoài ra, quá trình cán nguội được thực hiện theo mức giảm cán đã được xác định trước, và nhiệt độ của quá trình ủ trung gian được kiểm soát để nằm trong khoảng đã được xác định trước để tạo ra sự tái kết tinh nhô lên (sau đây, được gọi là phồng lên), do đó tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các hạt tinh thể $\{100\}$, thường khó phát triển.

Nhờ việc lặp lại các nghiên cứu chuyên sâu bổ sung dựa trên các phát hiện như vậy, các tác giả sáng chế đã thu được ý tưởng của sáng chế.

Sau đây, phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Theo sáng chế, các khoảng số được biểu hiện bằng cách sử dụng từ “đến” bao gồm các giá trị số trước và sau từ “đến” dưới dạng giá trị giới hạn dưới và giá trị giới hạn trên. Ngoài ra, rõ ràng là các yếu tố riêng lẻ của phương án sau đây có thể được phối hợp với nhau.

Trước tiên, thành phần hóa học của vật liệu thép được sử dụng trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế và phương pháp sản xuất nó sẽ được mô tả. Trong phần mô tả sau đây, “%” là đơn vị của lượng của mỗi nguyên tố được chứa trong tấm thép điện không định hướng hoặc vật liệu thép, có nghĩa là “% khối lượng” trừ khi có quy định cụ thể khác. Ngoài ra, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng được chỉ ra bởi các lượng trong trường hợp lượng của vật liệu cơ bản ngoại trừ lớp phủ hoặc loại tương tự được đặt đến 100%.

Tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án của sáng chế có thành phần hóa học trong đó sự biến đổi ferit-austenit (sau đây, được gọi là sự biến đổi α - γ) có thể xảy ra, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, Si: nằm trong khoảng từ 1,50% đến 4,00%, sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 1,0%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au: tổng cộng nằm trong khoảng từ 2,50% đến 5,00%, Sn: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%, Sb: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%, P: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400% và một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0000% đến 0,0100% được chứa, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất.

Trong tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án của sáng chế, ngoài ra, các lượng của Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, Au, Si và sol. Al thỏa mãn các điều kiện đã được xác định trước sẽ được mô tả dưới đây. Các ví dụ của các tạp chất bao gồm các tạp chất được chứa trong nguyên liệu thô như quặng hoặc phế liệu hoặc các tạp chất được chứa trong các bước sản xuất.

(C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%)

C làm tăng tổn hao do sắt hoặc gây ra sự già hóa từ. Do đó, hàm lượng C tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Hiện tượng như vậy trở nên đáng kể khi hàm lượng C vượt quá 0,010%. Do đó, hàm lượng C được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Sự giảm hàm lượng C cũng góp phần cải thiện đồng đều các đặc tính từ theo mọi hướng trong bề mặt tấm. Giá trị giới hạn dưới của hàm lượng C không bị giới hạn đặc biệt, nhưng tốt hơn là được đặt để lớn hơn hoặc bằng 0,0005% dựa trên chi phí của quá trình khử cacbon ở thời điểm tinh luyện.

(Si: nằm trong khoảng từ 1,50% đến 4,00%)

Si làm tăng điện trở để giảm tổn hao do dòng xoáy để làm giảm tổn hao do sắt hoặc làm tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền để cải thiện khả năng gia công đột dập thành lõi. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 1,50%, các tác động và tác dụng này có thể không thu được đủ. Do đó, hàm lượng Si được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 1,50%. Mặt khác, khi hàm lượng Si lớn hơn 4,00%, mật độ từ thông giảm xuống, khả năng gia công đột dập kém đi do sự tăng quá mức độ cứng, hoặc quá trình cán nguội trở nên khó khăn. Do đó, hàm lượng Si được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 4,00%.

(sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 1,0%)

sol. Al làm tăng điện trở để giảm tổn hao do dòng xoáy để làm giảm tổn hao do sắt. sol. Al cũng góp phần cải thiện độ lớn tương đối của mật độ từ thông B50 so với mật độ từ thông bão hòa. Khi hàm lượng sol. Al nhỏ hơn 0,0001%, các tác dụng tác động này có thể không thu được đủ. Ngoài ra, Al cũng có tác dụng tăng tốc khử lưu huỳnh trong quá trình sản xuất thép. Do đó, hàm lượng sol. Al được đặt để lớn hơn hoặc bằng 0,0001%. Mặt khác, khi hàm lượng sol. Al lớn hơn 1,0%, mật độ từ thông giảm hoặc tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền bị giảm xuống dẫn đến làm cho khả năng gia công đột dập kém đi. Do đó, hàm lượng sol. Al được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%.

Ở đây, mật độ từ thông B50 dùng để chỉ mật độ từ thông trong từ trường 5000 A/m.

(S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%)

S không phải là nguyên tố cơ bản và được chứa trong thép, chẳng hạn, dưới dạng tạp chất. S gây ra sự kết tủa của MnS mịn và do đó làm hỏng quá trình tái kết tinh và

phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ. Do đó, hàm lượng S tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Sự tăng tổn hao do sắt và sự giảm mật độ từ thông do sự làm hỏng quá trình tái kết tinh và phát triển hạt trở nên đáng kể khi hàm lượng S lớn hơn 0,010%. Do đó, hàm lượng S được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Giá trị giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn đặc biệt, nhưng tốt hơn là được đặt để lớn hơn hoặc bằng 0,0003% dựa trên chi phí của quá trình xử lý khử lưu huỳnh ở thời điểm tinh luyện.

(N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%)

Giống như C, N làm cho các đặc tính từ kém đi, và do đó hàm lượng N tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Do đó, hàm lượng N được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Giá trị giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn đặc biệt, nhưng tốt hơn là được đặt để lớn hơn hoặc bằng 0,0010% dựa trên chi phí của quá trình xử lý khử nitơ ở thời điểm tinh luyện.

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au: tổng cộng nằm trong khoảng từ 2,50% đến 5,00%)

Do Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au là các nguyên tố cần thiết để tạo ra sự biến đổi α - γ , ít nhất một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố này cần được chứa với lượng tổng cộng lớn hơn hoặc bằng 2,50%. Ngoài ra, về lượng của các nguyên tố này, từ quan điểm làm tăng điện trở để giảm tổn hao do sắt, tổng của ít nhất một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố này tốt hơn nữa là được đặt để lớn hơn 2,50%. Mặt khác, khi tổng lượng của các nguyên tố này vượt quá 5,00%, có trường hợp chi phí tăng lên và mật độ từ thông giảm xuống. Do đó, tổng của ít nhất một trong số các nguyên tố này được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 5,00%.

Ngoài ra, tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án của sáng chế được làm cho thỏa mãn thêm các điều kiện sau đây là các điều kiện cho phép quá trình biến đổi α - γ xảy ra. Nghĩa là, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được ký hiệu là [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được ký hiệu là [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được ký hiệu là [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được ký hiệu là [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được ký hiệu là [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được ký hiệu là [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được ký hiệu là [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được ký hiệu là [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được ký hiệu là [sol.

Al], các hàm lượng này được thu xếp để thỏa mãn công thức (1) dưới đây, theo % khối lượng.

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) > 0\% \dots (1)$$

Trong trường hợp công thức (1) không được thỏa mãn, do quá trình biến đổi α - γ không xảy ra, mật độ từ thông giảm xuống.

(Sn: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%, Sb: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400% và P: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%)

Sn hoặc Sb cải thiện kết cấu sau quá trình cán nguội hoặc quá trình tái kết tinh để cải thiện mật độ từ thông. Do đó, các nguyên tố này có thể được chứa nếu cần; tuy nhiên, khi được chứa quá mức, thép trở nên giòn. Do đó, cả hàm lượng Sn và hàm lượng Sb đều được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,400%. Ngoài ra, P có thể được chứa để bảo đảm độ cứng của tấm thép sau quá trình tái kết tinh; tuy nhiên, khi được chứa quá mức, sẽ làm cho thép giòn. Do đó, hàm lượng P được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,400%.

Trong trường hợp truyền tác dụng bổ sung lên các đặc tính từ hoặc đặc tính tương tự, tốt hơn là một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sn nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%, Sb nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400% và P nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400% được chứa.

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0000% đến 0,0100%)

Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd phản ứng với S trong thép nóng chảy trong quá trình đúc thép nóng chảy để tạo ra chất kết tủa gồm sulfua, oxysulfua hoặc cả hai. Sau đây, Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd sẽ được gọi chung là “nguyên tố tạo chất kết tủa thô” trong một số trường hợp. Các đường kính hạt trong chất kết tủa của nguyên tố tạo chất kết tủa thô xấp xỉ từ 1 μ m đến 2 μ m, lớn hơn đáng kể các đường kính hạt (xấp xỉ 100nm) của các chất kết tủa mịn của MnS, TiN, AlN hoặc loại tương tự. Do đó, các chất kết tủa mịn này bám dính vào chất kết tủa của nguyên tố tạo chất kết tủa thô và ít có khả năng làm hỏng quá trình tái kết tinh và phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ như quá trình ủ trung gian. Để thu được đủ các tác động và tác dụng này, tổng của nguyên tố tạo chất kết tủa thô tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Tuy

nhiên, khi tổng của các nguyên tố này vượt quá 0,0100%, tổng lượng của sulfua, oxysulfua hoặc cả hai trở nên quá mức, và quá trình tái kết tinh và phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ như quá trình ủ trung gian bị làm hỏng. Do đó, lượng của nguyên tố tạo chất kết tủa thô được đặt để tổng cộng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%.

Tiếp theo, cấu trúc kim tướng học của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Các chi tiết của phương pháp sản xuất sẽ được mô tả dưới đây, nhưng tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thành phần hóa học trong đó quá trình biến đổi α - γ có thể xảy ra, và, khi được làm nguội sau khi hoàn thành quá trình cán nóng, tấm thép điện không định hướng biến đổi từ austenit thành ferit, và cấu trúc tinh thể được tinh luyện. Ngoài ra, tấm thép điện không định hướng của phương án của sáng chế có cấu trúc kim tướng học trong đó tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 1% đến 99%. Khi một số tinh thể còn lại không kết tinh như đã mô tả ở trên, mật độ từ thông B50 cải thiện hơn nữa. Lý do kiểm soát cấu trúc kim tướng học như đã mô tả ở trên là để giảm tỷ lệ có mặt của các hạt tinh thể tái kết tinh lại có các định hướng tinh thể khác ngoài định hướng tinh thể {100} cần được phát triển từ quan điểm các đặc tính từ.

Khi tỷ lệ kết tinh lại nhỏ hơn 1% hoặc tỷ lệ kết tinh lại lớn hơn 99%, tác dụng cải thiện mật độ từ thông có thể không thu được. Tỷ lệ kết tinh lại được ưu tiên nằm trong khoảng từ 55% đến 95%, và được ưu tiên hơn là tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 80% đến 90%.

Tỷ lệ kết tinh lại của tấm thép điện không định hướng có thể được thiết lập theo thứ tự sau đây. Trước tiên, mẫu thu nhận được từ tấm thép điện không định hướng được đánh bóng để độ dày tấm còn 1/2, và bề mặt đã đánh bóng được quan sát bằng phương pháp nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (electron backscattering diffraction, EBSD). Ngoài ra, các hạt thỏa mãn một điều kiện bất kỳ trong số các điều kiện (a) và (b) dưới đây được xác định là các hạt không kết tinh, và tỷ lệ không kết tinh lại được tính bằng cách lấy diện tích của tất cả các trường nhìn được quan sát chia cho diện tích của các phần không kết tinh.

(a) Đường kính hạt trung bình của các hạt tinh thể lớn hơn 300 μ m.

(b) Tỷ số kích thước của hạt tinh thể thỏa mãn (chiều dài theo hướng cán)/(chiều dài theo hướng 90 độ so với hướng cán) > 2 . Để làm trường nhìn được quan sát, phạm vi lớn hơn hoặc bằng 8mm^2 được quan sát.

Tiếp theo, độ dày của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Độ dày của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế nhỏ hơn hoặc bằng $0,50\text{mm}$. Khi độ dày vượt quá $0,50\text{mm}$, không thể thu được tổn hao do sắt ở tần số cao vượt trội. Do đó, độ dày được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng $0,50\text{mm}$. Ngoài ra, từ quan điểm tạo điều kiện thuận lợi cho quá trình sản xuất, độ dày của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng $0,10\text{mm}$.

Ngoài ra, tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể được làm cho có sự phân bố các biến dạng để mật độ từ thông cao có thể thu được theo mọi hướng một cách hoàn toàn hơn. Chẳng hạn, ở thời điểm quan sát mặt cắt ngang tùy ý, khi tỷ lệ diện tích của các hạt theo định hướng $\{100\}$ được ký hiệu là S_{ac} , tỷ lệ diện tích của các hạt theo định hướng $\{110\}$ được ký hiệu là S_{ag} , tỷ lệ diện tích của các hạt theo định hướng $\{100\}$ trong một vùng lên đến 20% từ phía mà giá trị định hướng sai trung bình kernel (kernel average misorientation, KAM) cao được ký hiệu là S_{bc} , và tỷ lệ diện tích của các hạt theo định hướng $\{110\}$ trong cùng một vùng được ký hiệu là S_{bg} , thì tốt hơn nữa là thỏa mãn $S_{ac} > S_{bc} > S_{ag} > S_{bg}$. Hạt tinh thể $\{100\}$ (hoặc hạt tinh thể $\{110\}$) dùng để chỉ hạt tinh thể được xác định trong khoảng dung sai nhỏ hơn hoặc bằng 10° từ định hướng tinh thể đích. Hạt tinh thể $\{100\}$ (hoặc hạt tinh thể $\{110\}$ hoặc tương tự) và hạt có định hướng $\{100\}$ (hoặc hạt có định hướng $\{110\}$ hoặc tương tự) có cùng ý nghĩa.

Ở đây, để thu được các mối quan hệ đã mô tả ở trên, tỷ lệ diện tích của các hạt tinh thể trên bề mặt đã đánh bóng của vật liệu mà đã được đánh bóng để có thể thu được độ dày tấm của tấm thép còn $1/2$, chẳng hạn, phương pháp EBSD. Ngoài ra, giá trị KAM có thể thu được bằng cách tính hình cực nghịch đảo (inverse pole figure, IPF) từ các trường nhìn quan sát được của EBSD.

Giá trị KAM cho biết sự khác biệt định hướng giữa các điểm đo liên kề với nhau trong cùng một hạt ở điểm đo nào đó. Ở vị trí có một số lượng lớn các biến dạng, giá trị

KAM tăng. Chỉ vùng bị biến dạng ở mức độ cao có thể được tách ra bằng cách lấy ra vùng lên đến 20% từ phía có giá trị KAM như vậy cao. Điểm đo là vùng gồm điểm ảnh tùy ý. Vùng lên đến 20% từ phía KAM cao nghĩa là vùng chiếm 20% tần suất từ phía KAM cao trong đồ thị thu được bằng cách chuyển biểu đồ tần suất của giá trị KAM thành biểu đồ tần suất tích lũy.

Mối quan hệ $Sac > Sag$ trong bất đẳng thức đã mô tả ở trên cho biết rằng tỷ lệ của toàn bộ các hạt theo định hướng $\{100\}$ lớn hơn tỷ lệ của các hạt theo định hướng $\{110\}$. Trong quá trình ủ sau khi ép nhẹ, cả hạt theo định hướng $\{100\}$ và các hạt theo định hướng $\{110\}$ đều có thể phát triển. Ở đây, do các đặc tính từ trên trung bình toàn bộ chu vi tốt hơn ở các hạt theo định hướng $\{100\}$ so với các hạt theo định hướng $\{110\}$, được ưu tiên hơn là làm tăng số lượng của các hạt theo định hướng $\{100\}$. Những gì đã được mô tả ở trên cũng đúng đối với mối quan hệ $Sbc > Sbg$ trong vùng bị biến dạng ở mức cao.

Tiếp theo, mối quan hệ $Sac > Sbc$ có nghĩa là, trong các hạt theo định hướng $\{100\}$, các vùng có số lượng biến dạng lớn là tương đối nhỏ. Biết được rằng, trong quá trình ủ sau khi ép nhẹ, các hạt có số lượng biến dạng nhỏ xâm chiếm các hạt có số lượng biến dạng lớn. Do đó, bất đẳng thức này có nghĩa là các hạt theo định hướng $\{100\}$ có thể phát triển. Ngoài ra, giá trị KAM là giá trị được đo bằng phương pháp EBSD, và giá trị KAM của vị trí có một số lượng các biến dạng lớn trở nên cao hơn giá trị KAM của các vùng ngoại vi của chúng. Điều đã được mô tả ở trên cũng áp dụng với mối quan hệ $Sag > Sbg$.

Tiếp theo, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Ở thời điểm nghiên cứu các đặc tính từ, mật độ từ thông được đo sau khi tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được ủ tiếp trong các điều kiện gồm 800°C và hai giờ. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, các đặc tính từ có lợi nhất theo hai hướng trong đó, giữa các góc được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này, góc nhỏ trở thành 45° . Mặt khác, theo hai hướng trong đó góc được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này là 0° hoặc 90° , các đặc tính từ là kém nhất. Ở đây, “ 45° ” là giá trị lý thuyết, và, ở thời điểm sản xuất thực, có trường hợp không dễ khớp góc với

45°. Do đó, miễn là các hướng mà các đặc tính từ có lợi nhất là hai hướng theo lý thuyết mà, giữa các góc được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này, góc nhỏ trở thành 45°, trong các tấm thép điện không định hướng thực, hướng mà góc 45° không được khớp (hoàn toàn) với 45° cũng được coi là hướng đã mô tả ở trên. Điều đã được mô tả ở trên cũng áp dụng cho “0°” và “90°”.

Ngoài ra, theo lý thuyết, các đặc tính từ theo hai hướng mà các đặc tính từ có lợi nhất trở thành giống nhau, nhưng có trường hợp không dễ làm cho các đặc tính từ theo hai hướng giống nhau ở thời điểm sản xuất thực. Do đó, miễn là các đặc tính từ theo hai hướng mà các đặc tính từ có lợi nhất là giống nhau theo lý thuyết, các đặc tính từ không giống nhau (hoàn toàn) cũng được coi là các đặc tính từ đã mô tả ở trên là giống nhau. Điều đã được mô tả ở trên cũng áp dụng với hai hướng mà các đặc tính từ là kém nhất. Về các góc đã mô tả ở trên, cả các góc cùng chiều kim đồng hồ và các góc ngược chiều kim đồng hồ được biểu hiện dưới dạng các giá trị dương. Trong trường hợp hướng cùng chiều kim đồng hồ được biểu hiện là hướng âm và hướng ngược chiều kim đồng hồ được biểu hiện là hướng dương, hai hướng mà, giữa các góc đã mô tả ở trên được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này, góc nhỏ trở thành 45° là hai hướng mà, giữa các góc đã mô tả ở trên được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này, góc có giá trị tuyệt đối nhỏ trở thành 45° hoặc -45°. Ngoài ra, hai hướng mà, giữa các góc đã mô tả ở trên được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này, góc nhỏ trở thành 45° có thể cũng được biểu hiện dưới dạng hai hướng mà các góc được tạo ra bởi hướng cán và mỗi hướng trong số hai hướng này trở thành 45° và 135°.

Khi mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được đo, mật độ từ thông B50 (tương ứng với B50D1 và B50D2) theo hướng 45° so với hướng cán trở nên lớn hơn hoặc bằng 1,75T. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, trong lúc mật độ từ thông theo hướng 45° so với hướng cán cao, các mật độ từ thông cao có thể cũng thu được trên trung bình toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng).

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, khi giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng cán được ký hiệu là B50L, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 45° so với hướng cán được ký hiệu là B50D1, giá trị của

mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 90° so với hướng cán được ký hiệu là B50C, và giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 135° so với hướng cán được ký hiệu là B50D2, sau khi tấm thép điện không định hướng được ủ ở 800°C trong hai giờ, tính không đẳng hướng của mật độ từ thông mà B50D1 và B50D2 là cao nhất và B50L và B50C là thấp nhất được thể hiện.

Ở đây, chẳng hạn, trong trường hợp xem xét sự phân bố theo mọi hướng (0° đến 360°) của các mật độ từ thông mà hướng cùng chiều kim đồng hồ (mà có thể là ngược chiều kim đồng hồ) được coi là hướng dương, khi hướng cán được đặt thành 0° (một hướng) và 180° (hướng còn lại), B50D1 trở thành các giá trị của mật độ từ thông B50 ở 45° và 225° , và B50D2 trở thành các giá trị của mật độ từ thông B50 ở 135° và 315° . Tương tự, B50L trở thành các giá trị của mật độ từ thông B50 ở 0° và 180° , và B50C trở thành các giá trị của mật độ từ thông B50 ở 90° và 270° . Giá trị của mật độ từ thông B50 ở 45° và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 225° hoàn toàn trùng với nhau, và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 135° và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 315° hoàn toàn trùng với nhau. Tuy nhiên, do có trường hợp không dễ làm cho các đặc tính từ giống nhau ở thời điểm sản xuất thực, có trường hợp B50D1 và B50D2 không hoàn toàn trùng nhau. Tương tự, giá trị của mật độ từ thông B50 ở 0° và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 180° hoàn toàn trùng với nhau, và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 90° và giá trị của mật độ từ thông B50 ở 270° hoàn toàn trùng với nhau, nhưng có trường hợp B50L's và B50C's không hoàn toàn trùng nhau. Trong các tấm thép điện không định hướng đã được sản xuất, một hướng cán và hướng cán còn lại (hướng ngược lại với hướng cán đã mô tả ở trên) có thể không được phân biệt. Do đó, theo phương án của sáng chế, hướng cán dùng để chỉ cả hai: một hướng cán và hướng cán còn lại.

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, tốt hơn nữa là công thức (2) dưới đây được thỏa mãn bằng cách sử dụng giá trị trung bình của B50D1 và B50D2 và giá trị trung bình của B50L và B50C.

$$(B50D1 + B50D2)/2 > (B50L + B50C)/2 \dots (2)$$

Bằng cách có tính không đẳng hướng cao như vậy của mật độ từ thông, tấm thép điện không định hướng có lợi thế là thích hợp cho các vật liệu động cơ loại lõi tách.

Ngoài ra, bằng cách thỏa mãn công thức (3) dưới đây, tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể tốt hơn là được sử dụng làm các vật liệu động cơ loại lõi tách.

$$(B50D1 + B50D2)/2 > 1,1 \times (B50L + B50C)/2 \dots (3)$$

Mật độ từ thông có thể được đo từ các mẫu 55mm x 55mm được cắt ra theo các hướng ở các góc 45°, 0° và góc tương tự so với hướng cán bằng cách sử dụng thiết bị đo từ tính tấm đơn.

Tiếp theo, ví dụ về phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Theo phương án của sáng chế, quá trình cán nóng, quá trình cán nguội, quá trình ủ trung gian, quá trình cán ép nhẹ và quá trình tương tự sẽ được mô tả.

Trước tiên, vật liệu thép đã mô tả ở trên được gia nhiệt và được cán nóng. Vật liệu thép là, chẳng hạn, phôi tấm được sản xuất bằng cách đúc liên tục thông thường. Bước cán thô và cán tinh của quá trình cán nóng được thực hiện ở các nhiệt độ trong khoảng γ (cao hơn hoặc bằng nhiệt độ A_{r1}). Nghĩa là, quá trình cán nóng tốt hơn là được thực hiện để nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) đạt mức cao hơn hoặc bằng nhiệt độ A_{r1} khi vật liệu thép đi qua hành trình cuối cùng của bước cán tinh. Trong trường hợp như vậy, vật liệu thép biến đổi từ austenit thành ferit bằng bước làm lạnh tiếp theo, bằng cách đó cấu trúc tinh thể được tinh luyện. Khi quá trình cán nguội tiếp theo được thực hiện ở trạng thái trong đó cấu trúc tinh thể đã được tinh luyện, sự phồng lên có thể xảy ra, và có thể tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các hạt tinh thể $\{100\}$, thường khó phát triển. Nhiệt độ A_{r1} theo phương án của sáng chế thu được từ sự thay đổi giãn nở nhiệt của vật liệu thép (tấm thép) trong điều kiện làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình 1°C/giây. Ngoài ra, nhiệt độ A_{c1} theo phương án của sáng chế thu được từ sự thay đổi giãn nở nhiệt của vật liệu thép (tấm thép) trong điều kiện gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình bằng 1°C/giây.

Sau đó, tấm thép cán nóng được ủ mà không cần được ủ. Nhiệt độ ở thời điểm ủ tốt hơn là cao hơn 250°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C. Khi tấm thép cán nóng sau quá trình cán nóng được ủ ở nhiệt độ cao hơn 250°C và thấp hơn hoặc bằng 600°C, có thể tinh luyện cấu trúc tinh thể trước quá trình cán nguội và để thu được tác

dụng nhờ đó định hướng $\{100\}$ mà các đặc tính từ vượt trội ở thời điểm phòng có thể được làm giàu. Nhiệt độ ở thời điểm quán tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 400°C đến 500°C và còn tốt hơn nữa là từ 400°C đến 480°C .

Sau đó, tấm thép cán nóng được tẩy gỉ và được cán nguội. Trong quá trình cán nguội, mức giảm cán tốt hơn là được đặt để nằm trong khoảng từ 80% đến 92%. Vì mức giảm cán tăng, trở nên dễ phát triển các hạt tinh thể $\{100\}$ bởi sự phòng lên sau đó, nhưng việc quán tấm thép cán nóng trở nên khó khăn hơn, và các quá trình hoạt động có thể trở nên khó khăn hơn.

Khi quá trình cán nguội kết thúc, tiếp theo, quá trình ủ trung gian được thực hiện. Theo phương án của sáng chế, nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian được kiểm soát để thấp hơn nhiệt độ A_{c1} , bằng cách đó tỷ lệ kết tinh lại được đặt để nằm trong khoảng từ 1% đến 99%. Khi nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian quá thấp, do có trường hợp quá trình tái kết tinh không xảy ra và sự phòng lên không xảy ra, có trường hợp các hạt tinh thể $\{100\}$ không phát triển đủ và mật độ từ thông không tăng. Do đó, nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian tốt hơn là được đặt để cao hơn hoặc bằng 600°C . Ngoài ra, khi nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian cao hơn hoặc bằng nhiệt độ A_{c1} , tỷ lệ kết tinh lại của ferit trở nên gần bằng 100%, nhưng tỷ lệ có mặt của các hạt được tái kết tinh có các định hướng tinh thể khác ngoài định hướng tinh thể $\{100\}$ cần được phát triển từ quan điểm các đặc tính từ tăng lên, và do đó mật độ từ thông không tăng. Quá trình ủ trung gian gây ra hiện tượng phòng lên và tạo điều kiện thuận lợi cho sự phát triển của các hạt tinh thể $\{100\}$; tuy nhiên, theo phương án của sáng chế, ngoài ra có thể phát triển thêm các hạt tinh thể $\{100\}$ bằng cách làm cho các hạt không kết tinh và các hạt được tái kết tinh có mặt ở dạng hỗn hợp. Ngoài ra, thời gian của quá trình ủ trung gian tốt hơn là được đặt để nằm trong khoảng từ 5 đến 60 giây.

Tỷ lệ kết tinh lại lớn hơn hoặc bằng 50% ở thời điểm sau quá trình ủ trung gian, là được ưu tiên do các hạt theo định hướng $\{100\}$ trở nên dễ phát triển thêm sau khi ủ hoàn thiện hoặc ủ giảm ứng suất.

Khi quá trình ủ trung gian kết thúc, tiếp theo, quá trình cán ép nhẹ được thực hiện. Khi quá trình cán được thực hiện ở trạng thái trong đó sự phòng lên đã xảy ra như đã mô tả ở trên, các hạt tinh thể $\{100\}$ phát triển thêm từ phần trong đó sự phòng lên đã

xảy ra dưới dạng điểm bắt đầu. Mức giảm cán của quá trình cán ép nhẹ tốt hơn là được đặt để nằm trong khoảng từ 5% đến 25%, và, từ quan điểm thu được tính không đẳng hướng cao của mật độ từ thông, mức giảm cán của quá trình cán ép nhẹ tốt hơn nữa là được đặt để nằm trong khoảng từ 5% đến 15%.

Trong trường hợp tấm thép điện không định hướng được chế tạo để có sự phân bố biến dạng đã mô tả ở trên, khi mức giảm cán (%) của quá trình cán nguội được ký hiệu là R_m , và mức giảm cán (%) ở thời điểm cán ép nhẹ được ký hiệu là R_s , các mức giảm cán của quá trình cán nguội và cán ép nhẹ tốt hơn là được điều chỉnh để $86 < R_m + 0,2 \times R_s < 92$ và $5 < R_s < 20$ được thỏa mãn.

Trong các bước sản xuất sản phẩm như lõi động cơ thực, quá trình gia công định hình hoặc quá trình tương tự được thực hiện trên tấm thép điện không định hướng để tạo ra chi tiết thép mong muốn. Ngoài ra, để loại bỏ các biến dạng hoặc tương tự gây ra bởi quá trình gia công định hình hoặc quá trình tương tự (chẳng hạn, quá trình đột dập) được thực hiện trên chi tiết thép được làm từ tấm thép điện không định hướng, có trường hợp quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện trên chi tiết thép. Trong trường hợp quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện trên tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, được ưu tiên là đặt nhiệt độ trong quá trình ủ giảm ứng suất đến, chẳng hạn, xấp xỉ 800°C và đặt thời gian của quá trình ủ giảm ứng suất đến xấp xỉ hai giờ.

Tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể được sản xuất như đã mô tả ở trên.

Các chi tiết thép được làm từ tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế được sử dụng cho, chẳng hạn, các lõi (các lõi động cơ) của các máy điện quay. Trong trường hợp này, các tấm thép mỏng dạng tấm phẳng riêng rẽ được cắt ra từ tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, và các tấm thép mỏng dạng tấm phẳng này được xếp lớp một cách thích hợp, do đó tạo ra lõi sắt được sử dụng trong máy điện quay. Do tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội được sử dụng cho lõi này, thu được máy điện quay trong đó tổn hao do sắt được triệt tiêu ở mức thấp và mômen xoắn vượt trội. Các chi tiết thép được làm từ tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế có thể cũng được sử dụng cho các sản

phẩm khác ngoài lõi của các máy điện quay, chẳng hạn, lõi cho các động cơ tuyến tính, các thiết bị tĩnh (các thiết bị phản ứng hoặc các máy biến thế) hoặc thiết bị tương tự.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể trong lúc mô tả các ví dụ. Các ví dụ được mô tả dưới đây đơn giản là các ví dụ của phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án của sáng chế, và tấm thép điện không định hướng theo sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ được mô tả dưới đây.

(Ví dụ thứ nhất)

Thép nóng chảy được đúc, do đó tạo ra các thỏi có các thành phần được thể hiện trong bảng 1 dưới đây. Sau đó, các thỏi tạo ra được cán nóng bằng cách được gia nhiệt lên đến 1150°C và cán để các độ dày tấm đạt 2,5mm. Ngoài ra, sau khi kết thúc bước cán tinh, các tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và được quấn. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) trong giai đoạn của hành trình cuối cùng của bước cán tinh ở thời điểm này bằng 830°C và tất cả các nhiệt độ đều cao hơn nhiệt độ Ar1. Ở số 108 trong đó quá trình biến đổi γ - α không xảy ra, nhiệt độ kết thúc được đặt thành 850°C . Ngoài ra, các nhiệt độ quấn ở thời điểm quấn được đặt thành 500°C . Ở đây, “vế trái của công thức” trong bảng cho biết giá trị của vế trái của công thức (1) đã mô tả ở trên.

Tiếp theo, các tấm thép cán nóng được tẩy gỉ để loại bỏ gỉ và được cán nguội cho đến khi các độ dày tấm đạt 1,1 lần độ dày tấm đích (từ 0,110 đến 0,550mm). Ngoài ra, quá trình ủ trung gian được thực hiện trong môi trường khí không oxy hóa trong 30 giây, và các nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 550°C đến 800°C để các tỷ lệ kết tinh lại là như được thể hiện trong bảng 1, tương ứng. Tiếp theo, chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) được thực hiện cho đến khi các độ dày tấm đạt độ dày tấm đích (từ 0,10 đến 0,50mm). Ở đây, đối với số 117, tấm thép cán nóng được cán nguội đến độ dày 0,360mm, và, sau quá trình ủ trung gian, chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội được thực hiện cho đến khi độ dày tấm đạt 0,35mm.

Tiếp theo, quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện ở 800°C trong hai giờ sau chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) để nghiên cứu các đặc tính từ, và

mật độ từ thông B50 được đo. Để làm các mẫu đo, các mẫu 55mm x 55mm được thu thập theo hai hướng ở góc 0° hoặc 45° so với hướng cán. Ngoài ra, các mật độ từ thông B50 của hai loại mẫu này được đo, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng ở góc 45° so với hướng cán được gọi là B50D1, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng ở góc 135° so với hướng cán được gọi là B50D2, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng cán được gọi là B50L, và giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng ở góc 90° so với hướng cán được gọi là B50C. Ngoài ra, giá trị trung bình của B50D1, B50D2, B50L và B50C được gọi là trung bình trên toàn bộ chu vi của mật độ từ thông B50. Các điều kiện và các kết quả đo này được thể hiện trong bảng 1 và bảng 2.

Bảng 1

Số		Thành phần (% khối lượng)											Các đặc tính của tấm thép		Ghi chú		
		C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Vết trái của công thức		Tỷ lệ kết tinh lại	Độ dày tấm (mm)
101	0,0014	2,51	0,0071	0,0017	0,0022	3,06	-	-	-	-	-	-	-	0,54	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
102	0,0007	2,50	0,0109	0,0019	0,0023	-	3,08	-	-	-	-	-	-	0,57	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
103	0,0008	2,47	0,0100	0,0023	0,0020	-	-	3,06	-	-	-	-	-	0,58	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
104	0,0007	2,49	0,0115	0,0019	0,0022	-	-	-	3,09	-	-	-	-	0,60	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
105	0,0009	2,50	0,0129	0,0024	0,0021	-	-	-	-	3,07	-	-	-	0,56	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
106	0,0013	2,46	0,0135	0,0022	0,0016	-	-	-	-	-	3,07	-	-	0,59	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
107	0,0006	2,48	0,0067	0,0017	0,0021	-	-	-	-	-	-	3,14	-	0,65	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
108	0,0011	3,20	0,0064	0,0024	0,0019	3,14	-	-	-	-	-	-	-	-0,07	85%	0,35	Ví dụ so sánh
109	0,0007	2,48	0,2981	0,0024	0,0019	3,43	-	-	-	-	-	-	-	0,65	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
110	0,0009	2,47	0,0089	0,0016	0,0023	3,11	-	-	-	-	-	-	-	0,64	55%	0,35	Ví dụ của sáng chế
111	0,0007	2,48	0,0079	0,0017	0,0019	3,12	-	-	-	-	-	-	-	0,64	30%	0,35	Ví dụ của sáng chế
112	0,0012	2,49	0,0061	0,0018	0,0023	3,13	-	-	-	-	-	-	-	0,63	0%	0,35	Ví dụ so sánh
113	0,0007	2,49	0,0125	0,0024	0,0020	3,11	-	-	-	-	-	-	-	0,61	100%	0,35	Ví dụ so sánh
114	0,0009	2,54	0,0112	0,0017	0,0020	3,06	-	-	-	-	-	-	-	0,51	85%	0,50	Ví dụ của sáng chế
115	0,0011	2,47	0,0089	0,0017	0,0018	3,13	-	-	-	-	-	-	-	0,65	85%	0,25	Ví dụ của sáng chế
116	0,0012	2,51	0,0074	0,0019	0,0023	3,08	-	-	-	-	-	-	-	0,56	85%	0,10	Ví dụ của sáng chế
117	0,0011	2,48	0,0105	0,0020	0,0019	3,11	-	-	-	-	-	-	-	0,61	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
118	0,0008	2,50	0,5989	0,0021	0,0020	3,68	-	-	-	-	-	-	-	0,58	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế
119	0,0009	2,51	0,8985	0,0019	0,0021	4,00	-	-	-	-	-	-	-	0,59	85%	0,35	Ví dụ của sáng chế

Bảng 2

Số	B50 sau khi ủ ở 800°C trong hai giờ (T)							Ghi chú
	Trung bình trên toàn bộ chu vi B50	B50D1 (T)	B50D2 (T)	B50L (T)	B50C (T)	Công thức (2)	Công thức (3)	
101	1,681	1,809	1,808	1,558	1,549	O	O	Ví dụ của sáng chế
102	1,676	1,806	1,812	1,555	1,532	O	O	Ví dụ của sáng chế
103	1,677	1,808	1,809	1,557	1,533	O	O	Ví dụ của sáng chế
104	1,678	1,807	1,810	1,557	1,537	O	O	Ví dụ của sáng chế
105	1,682	1,812	1,812	1,554	1,549	O	O	Ví dụ của sáng chế
106	1,682	1,813	1,811	1,557	1,545	O	O	Ví dụ của sáng chế
107	1,678	1,812	1,811	1,555	1,534	O	O	Ví dụ của sáng chế
108	1,614	1,551	1,559	1,688	1,658	X	X	Ví dụ so sánh
109	1,670	1,787	1,786	1,562	1,543	O	O	Ví dụ của sáng chế
110	1,673	1,783	1,785	1,561	1,562	O	O	Ví dụ của sáng chế
111	1,658	1,754	1,757	1,562	1,558	O	O	Ví dụ của sáng chế
112	1,612	1,553	1,559	1,689	1,646	X	X	Ví dụ so sánh
113	1,618	1,559	1,563	1,689	1,659	X	X	Ví dụ so sánh
114	1,682	1,809	1,810	1,553	1,554	O	O	Ví dụ của sáng chế
115	1,679	1,810	1,811	1,553	1,542	O	O	Ví dụ của sáng chế
116	1,648	1,769	1,771	1,528	1,526	O	O	Ví dụ của sáng chế
117	1,682	1,762	1,758	1,579	1,628	O	X	Ví dụ của sáng chế
118	1,658	1,779	1,779	1,548	1,526	O	O	Ví dụ của sáng chế
119	1,650	1,769	1,770	1,540	1,520	O	O	Ví dụ của sáng chế

Các giá trị được gạch chân trong bảng 1 và bảng 2 cho biết các điều kiện lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Trong toàn bộ từ số 101 đến số 107, số 109 đến số 111 và số 114 đến số 119, là các ví dụ của sáng chế, các mật độ từ thông B50 là các giá trị phù hợp

theo cả hai theo hướng 45° và trên trung bình trên toàn bộ chu vi. Mặt khác, ở số 108, là ví dụ so sánh, do nồng độ Si cao, giá trị của vế trái của công thức nhỏ hơn hoặc bằng 0, và chế phẩm này không trải qua quá trình biến đổi α - γ , các mật độ từ thông B50 đều thấp. Ở số 112, là ví dụ so sánh, do nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian thấp so với các nhiệt độ trong các ví dụ khác, tỷ lệ kết tinh lại bằng 0, và do đó các mật độ từ thông B50 đều thấp. Ở số 113, là ví dụ so sánh, do tỷ lệ kết tinh lại bằng 100, lệch khỏi phạm vi của sáng chế, các mật độ từ thông B50 đều thấp. Ở số 117, các đặc tính từ phù hợp, nhưng mức giảm cán trong quá trình cán ép nhẹ bị thay đổi, và do đó công thức (3) không được thỏa mãn.

(Ví dụ thứ hai)

Thép nóng chảy được đúc, do đó tạo ra các thỏi có các thành phần được thể hiện trong bảng 3 dưới đây. Sau đó, các thỏi tạo ra được cán nóng bằng cách được gia nhiệt lên đến 1150°C và được cán để các độ dày tấm đạt 2,5mm. Ngoài ra, sau khi kết thúc bước cán tinh, các tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và được quấn. Nhiệt độ kết thúc trong giai đoạn của hành trình cuối cùng của bước cán tinh ở thời điểm này bằng 830°C và tất cả các nhiệt độ đều cao hơn nhiệt độ A_{r1} . Ngoài ra, các nhiệt độ quấn ở thời điểm quấn được đặt thành 500°C .

Tiếp theo, các tấm thép cán nóng được tẩy gỉ để loại bỏ gỉ và được cán nguội ở mức giảm cán 85% cho đến khi các độ dày tấm đạt 0,385mm. Ngoài ra, quá trình ủ trung gian được thực hiện trong môi trường khí không oxy hóa trong 30 giây, và các nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian được kiểm soát để các tỷ lệ kết tinh lại trở thành 85%. Tiếp theo, chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) được thực hiện ở mức giảm cán 9% cho đến khi các độ dày tấm đạt 0,35mm. Ở đây, đối với số 215, tấm thép cán nóng được cán nguội đến độ dày 0,360mm, và, sau quá trình ủ trung gian, chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội được thực hiện cho đến khi độ dày tấm đạt 0,35mm.

Tiếp theo, quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện ở 800°C trong hai giờ sau chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) để nghiên cứu các đặc tính từ, và, giống như ví dụ thứ nhất, mật độ từ thông B50 theo mỗi hướng và tổn hao do sắt W10/400 được đo. Mật độ từ thông B50 được đo theo thứ tự giống như trong ví dụ thứ nhất. Mặt khác, tổn hao do sắt W10/400 được đo dưới dạng tổn hao năng lượng (W/kg)

trên trung bình toàn bộ chu vi gây ra trong mẫu khi từ trường dòng xoay chiều 400Hz được đặt vào để mật độ từ thông lớn nhất đạt 1,0T. Các điều kiện này và các kết quả được thể hiện trong bảng 3 và bảng 4.

Bảng 3

Số	Thành phần (% khối lượng)																			Vé trái của công thức
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Sn	Sb	P	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	La	Nd	Pr	Zn	Cd	
201	0,0011	2,47	0,0127	0,0019	0,0019	3,08	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59
202	0,0010	2,46	0,0111	0,0016	0,0022	3,10	0,051	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,63
203	0,0011	2,46	0,0103	0,0022	0,0020	3,09	-	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62
204	0,0007	2,50	0,0111	0,0020	0,0019	3,08	-	-	0,049	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,57
205	0,0008	2,50	0,0068	0,0018	0,0019	3,13	-	-	-	0,0047	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62
206	0,0014	2,48	0,0082	0,0024	0,0021	3,07	-	-	-	-	0,0051	-	-	-	-	-	-	-	-	0,58
207	0,0007	2,50	0,0097	0,0023	0,0018	3,10	-	-	-	-	-	0,0051	-	-	-	-	-	-	-	0,59
208	0,0009	2,48	0,0075	0,0023	0,0018	3,10	-	-	-	-	-	-	0,0053	-	-	-	-	-	-	0,61
209	0,0009	2,53	0,0118	0,0017	0,0022	3,07	-	-	-	-	-	-	-	0,0053	-	-	-	-	-	0,53
210	0,0010	2,52	0,0122	0,0024	0,0018	3,10	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0046	-	-	-	-	0,57
211	0,0008	2,47	0,0114	0,0023	0,0018	3,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0048	-	-	-	0,65
212	0,0008	2,52	0,0074	0,0016	0,0017	3,07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0051	-	-	0,55
213	0,0010	2,48	0,0106	0,0016	0,0024	3,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0048	-	0,63
214	0,0006	2,54	0,0114	0,0019	0,0019	3,13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0049	0,59
215	0,0010	2,48	0,0092	0,0020	0,0020	3,09	0,050	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,60
216	0,0008	2,51	0,6016	0,0018	0,0021	3,72	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,61
217	0,0009	2,48	0,9012	0,0020	0,0021	4,01	0,048	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62

Bảng 4

Số	Các đặc tính của tấm thép		B50 sau khi ủ ở 800°C trong hai giờ (T)							Ghi chú	
	Tỷ lệ kết tinh lại	Độ dày tấm (mm)	Trung bình trên toàn bộ chu vi B50 (T)	W10/400 (W/kg)	B50D1 (T)	B50D2 (T)	B50L (T)	B50C (T)	Công thức (2)		Công thức (3)
201	85%	0,35	1,678	15,33	1,810	1,810	1,551	1,539	O	O	Ví dụ của sáng chế
202	85%	0,35	1,703	15,34	1,823	1,819	1,560	1,608	O	O	Ví dụ của sáng chế
203	85%	0,35	1,702	15,27	1,818	1,820	1,561	1,609	O	O	Ví dụ của sáng chế
204	85%	0,35	1,700	15,32	1,819	1,821	1,559	1,602	O	O	Ví dụ của sáng chế
205	85%	0,35	1,683	14,90	1,809	1,811	1,548	1,566	O	O	Ví dụ của sáng chế
206	85%	0,35	1,681	14,94	1,807	1,812	1,550	1,556	O	O	Ví dụ của sáng chế
207	85%	0,35	1,683	14,89	1,812	1,810	1,552	1,560	O	O	Ví dụ của sáng chế
208	85%	0,35	1,683	14,87	1,809	1,811	1,550	1,563	O	O	Ví dụ của sáng chế
209	85%	0,35	1,681	14,86	1,807	1,810	1,551	1,558	O	O	Ví dụ của sáng chế
210	85%	0,35	1,679	14,90	1,810	1,809	1,550	1,547	O	O	Ví dụ của sáng chế
211	85%	0,35	1,679	14,89	1,812	1,809	1,550	1,545	O	O	Ví dụ của sáng chế
212	85%	0,35	1,681	14,92	1,811	1,810	1,549	1,553	O	O	Ví dụ của sáng chế
213	85%	0,35	1,681	14,93	1,810	1,811	1,548	1,555	O	O	Ví dụ của sáng chế
214	85%	0,35	1,679	14,90	1,810	1,811	1,548	1,546	O	O	Ví dụ của sáng chế
215	85%	0,35	1,689	15,32	1,760	1,761	1,633	1,603	O	X	Ví dụ của sáng chế
216	85%	0,35	1,650	14,32	1,771	1,770	1,539	1,520	O	O	Ví dụ của sáng chế
217	85%	0,35	1,640	13,81	1,761	1,762	1,531	1,505	O	O	Ví dụ của sáng chế

Số 201 đến số 217 đều là các ví dụ của sáng chế và đều có các đặc tính từ phù hợp. Cho rằng các kết quả này thu được bằng cách điều chỉnh các thành phần của các tấm thép điện không định hướng. Ở số 215, các đặc tính từ phù hợp, nhưng mức giảm cán trong quá trình cán ép nhẹ bị thay đổi, và do đó công thức (3) không được thỏa mãn.

(Ví dụ thứ ba)

Thép nóng chảy được đúc, do đó tạo ra các thỏi có các thành phần được thể hiện trong bảng 5 dưới đây. Sau đó, các thỏi tạo ra được cán nóng bằng cách được gia nhiệt lên đến 1150°C và cán để các độ dày tấm đạt 2,5mm. Ngoài ra, sau khi kết thúc bước cán tinh, các tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và được quấn. Nhiệt độ kết thúc trong giai đoạn của hành trình cuối cùng của bước cán tinh ở thời điểm này bằng 830°C và tất cả các nhiệt độ cao hơn nhiệt độ Ar1. Ngoài ra, các tấm thép cán nóng được quấn ở các nhiệt độ quấn được thể hiện trong bảng 6, tương ứng.

Tiếp theo, các tấm thép cán nóng được tẩy gỉ để loại bỏ gỉ và được cán nguội ở mức giảm cán 85% cho đến khi các độ dày tấm đạt 0,385mm. Ngoài ra, quá trình ủ trung gian được thực hiện trong môi trường khí không oxy hóa trong 30 giây, và các nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian được kiểm soát để các tỷ lệ kết tinh lại trở thành 85%. Tiếp theo, chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) được thực hiện ở mức giảm cán 9% cho đến khi các độ dày tấm đạt 0,35mm.

Tiếp theo, quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện ở 800°C trong hai giờ sau chu kỳ thứ hai của quá trình cán nguội (cán ép nhẹ) để nghiên cứu các đặc tính từ, và mật độ từ thông B50 và tổn hao do sắt W10/400 được đo. Mật độ từ thông B50 theo mỗi hướng được đo theo thứ tự giống như trong ví dụ thứ nhất. Mặt khác, tổn hao do sắt W10/400 được đo dưới dạng an tổn hao năng lượng (W/kg) trên trung bình toàn bộ chu vi gây ra trong mẫu khi từ trường dòng xoay chiều 400Hz được đặt vào để mật độ từ thông lớn nhất đạt 1,0T. Các điều kiện này và các kết quả được thể hiện trong bảng 5 và bảng 6.

Bảng 5

Chế phẩm	Thành phần (% khối lượng)						Vế trái của công thức
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	
A	0,0011	2,49	0,0098	0,0020	0,0018	3,11	0,61
B	0,0011	2,50	0,3012	0,0022	0,0019	3,40	0,60
C	0,0011	2,49	0,4487	0,0020	0,0018	3,55	0,61
D	0,0010	2,51	0,6014	0,0021	0,0019	3,70	0,59
E	0,0011	2,50	0,7501	0,0019	0,0021	3,86	0,61

Bảng 6

Số	Chế phẩm	Các đặc tính của tấm thép		Nhiệt độ quăn (°C)	B50 sau khi ủ ở 800°C trong hai giờ (T)							Ghi chú	
		Tỷ lệ kết tinh lại	Độ dày tấm (mm)		Trung bình trên toàn bộ chu vi B50 (T)	W 10/400 (W/kg)	B50D1 (T)	B50D2 (T)	B50L (T)	B50C (T)	Công thức (2)	Công thức (3)	
301	A	85%	0,35	500	1,674	15,34	1,795	1,795	1,560	1,546	O	O	Ví dụ của sáng chế
302	A	85%	0,35	600	1,677	15,26	1,784	1,784	1,561	1,579	O	O	Ví dụ của sáng chế
303	A	85%	0,35	700	1,649	15,83	1,719	1,721	1,576	1,580	O	X	Ví dụ so sánh
304	A	85%	0,35	400	1,671	15,27	1,788	1,789	1,561	1,547	O	O	Ví dụ của sáng chế
305	A	85%	0,35	300	1,668	15,39	1,786	1,788	1,558	1,542	O	O	Ví dụ của sáng chế
306	A	85%	0,35	200	1,651	15,81	1,749	1,749	1,540	1,565	O	O	Ví dụ so sánh
307	B	85%	0,35	500	1,671	15,09	1,789	1,787	1,556	1,553	O	O	Ví dụ của sáng chế
308	B	85%	0,35	600	1,671	14,99	1,782	1,781	1,555	1,567	O	O	Ví dụ của sáng chế
309	B	85%	0,35	700	1,646	15,54	1,715	1,714	1,574	1,581	O	X	Ví dụ so sánh
310	B	85%	0,35	400	1,665	15,08	1,785	1,785	1,554	1,537	O	O	Ví dụ của sáng chế
311	B	85%	0,35	300	1,663	15,10	1,782	1,779	1,556	1,536	O	O	Ví dụ của sáng chế
312	B	85%	0,35	200	1,647	15,60	1,746	1,744	1,535	1,563	O	O	Ví dụ so sánh
313	C	85%	0,35	500	1,666	14,81	1,783	1,786	1,551	1,542	O	O	Ví dụ của sáng chế
314	C	85%	0,35	600	1,666	14,75	1,776	1,776	1,551	1,559	O	O	Ví dụ của sáng chế
315	C	85%	0,35	700	1,642	15,30	1,710	1,710	1,580	1,567	O	X	Ví dụ so sánh
316	C	85%	0,35	400	1,660	14,79	1,779	1,781	1,549	1,533	O	O	Ví dụ của sáng chế
317	C	85%	0,35	300	1,657	14,89	1,776	1,776	1,550	1,525	O	O	Ví dụ của sáng chế
318	C	85%	0,35	200	1,640	15,31	1,740	1,740	1,531	1,551	O	O	Ví dụ so sánh
319	D	85%	0,35	500	1,660	14,28	1,779	1,782	1,546	1,533	O	O	Ví dụ của sáng chế
320	D	85%	0,35	700	1,628	14,77	1,705	1,705	1,550	1,554	O	X	Ví dụ so sánh
321	D	85%	0,35	200	1,630	14,82	1,733	1,736	1,519	1,533	O	O	Ví dụ so sánh
322	E	85%	0,35	500	1,654	13,86	1,775	1,774	1,540	1,527	O	O	Ví dụ của sáng chế
323	E	85%	0,35	700	1,627	14,64	1,702	1,702	1,560	1,544	O	X	Ví dụ so sánh
324	E	85%	0,35	200	1,619	14,63	1,726	1,728	1,511	1,509	O	O	Ví dụ so sánh

Các giá trị được gạch chân trong bảng 6 cho biết các điều kiện lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Trong toàn bộ số 301, số 302, số 304, số 305, số 307, số 308, số 310, số 311, số 313, số 314, số 316, số 317, số 319 và số 322, là các ví dụ của sáng chế, các mật độ từ thông B50 là các giá trị phù hợp cả hai theo hướng 45° và trên trung bình trên toàn bộ chu vi. Mặt khác, Ở số 303, số 306, số 309, số 312, số 315, số 318, số 320, số 321, số 323 và số 324, là các ví dụ so sánh, do các nhiệt độ quán lệch khỏi phạm vi tối ưu, các mật độ từ thông B50 đều thấp và nhỏ hơn 1,75T.

Như được hiểu từ các ví dụ đã mô tả ở trên, tấm thép điện không định hướng theo sáng chế có các đặc tính từ vượt trội trên trung bình toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) do thành phần hóa học, các điều kiện cán nóng, các điều kiện cán nguội, các điều kiện ủ và tỷ lệ kết tinh lại được kiểm soát một cách thích hợp.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép điện không định hướng trong đó có thể thu được các đặc tính từ vượt trội trên trung bình toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng), và do đó sáng chế có khả năng áp dụng công nghiệp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học trong đó, theo % khối lượng:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

Si: nằm trong khoảng từ 1,50% đến 4,00%,

sol. Al: nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 1,0%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%,

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu và Au: tổng cộng nằm trong khoảng từ 2,50% đến 5,00%,

Sn: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%,

P: nằm trong khoảng từ 0,000% đến 0,400%, và

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0000% đến 0,0100% được chứa,

khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được ký hiệu là [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được ký hiệu là [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được ký hiệu là [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được ký hiệu là [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được ký hiệu là [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được ký hiệu là [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được ký hiệu là [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được ký hiệu là [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được ký hiệu là [sol. Al], công thức (1) dưới đây được thỏa mãn, và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 1% đến 99% trong cấu trúc kim tướng học, độ dày tấm nhỏ hơn hoặc bằng 0,50mm, và,

trong trường hợp đo mật độ từ thông B50 sau khi ủ tấm thép điện không định hướng ở 800°C trong hai giờ, mật độ từ thông B50 theo hướng 45° so với hướng cán lớn hơn hoặc bằng 1,75T,

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) > 0\% \dots (1).$$

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

trong đó, khi giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng cán được ký hiệu là B50L, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 45° so với hướng cán được ký hiệu là B50D1, giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 90° so với hướng cán được ký hiệu là B50C, và giá trị của mật độ từ thông B50 theo hướng có góc 135° so với hướng cán được ký hiệu là B50D2, sau khi tấm thép điện không định hướng được ủ ở 800°C trong hai giờ, công thức (2) dưới đây được thỏa mãn,

$$(B50D1 + B50D2)/2 > (B50L + B50C)/2 \dots (2).$$

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

trong đó công thức (3) dưới đây được thỏa mãn,

$$(B50D1 + B50D2)/2 > 1,1 \times (B50L + B50C)/2 \dots (3).$$

4. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, còn bao gồm, theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm:

Sn: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%,

Sb: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%, và

P: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,400%.

5. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, còn bao gồm, theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn và Cd: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%.

6. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5,

trong đó, trong cấu trúc kim tương học, tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 50% đến 99%.

7. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6,

trong đó, trong cấu trúc kim tương học, tỷ lệ kết tinh lại nằm trong khoảng từ 80% đến 99%.