



- (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
1-0050737
(51)^{2022.01} C21D 8/12; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 9/46; C22C 38/00
-

- (21) 1-2023-06151 (22) 18/03/2022
(86) PCT/JP2022/012760 18/03/2022 (87) WO 2022/196807 A1 22/09/2022
(30) 2021-046004 19/03/2021 JP
(45) 25/08/2025 449 (43) 25/01/2024 430A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan
(72) MURAKAWA Tesshu (JP); KANO Satoshi (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) 1-2023-06151

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép điện không định hướng có thành phần hóa học xác định trước, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng K_{100} , và giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng K_{tyl} , $0,20 \leq S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,85$, $0,05 \leq S_{100}/S_{tot} \leq 0,80$, $S_{100}/S_{tra} \geq 0,5$, và $K_{100}/K_{tyl} \leq 0,990$ được thỏa mãn.

Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

[0001]

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

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

[0002]

Tấm thép điện không định hướng được sử dụng cho, ví dụ, lõi của động cơ, và tấm thép điện không định hướng được yêu cầu phải vượt trội về các đặc tính từ tính, ví dụ, độ tổn hao sắt thấp và mật độ từ thông cao theo hướng song song với bề mặt tấm.

[0003]

Để làm được điều này, điều thuận lợi là kiểm soát kết cấu của tấm thép sao cho trục dễ từ hóa (định hướng $\langle 100 \rangle$) của các tinh thể trùng với hướng trong mặt phẳng tấm. Thông thường, định hướng $\{100\}$ có nhiều trục dễ từ hóa theo hướng trong mặt phẳng tấm là định hướng đại diện đặc biệt thích hợp, và định hướng $\{111\}$ không có trục dễ từ hóa theo hướng trong mặt phẳng tấm là định hướng đại diện mà nên tránh. Liên quan đến việc kiểm soát kết cấu như vậy, nhiều kỹ thuật để kiểm soát định hướng $\{100\}$, định hướng $\{110\}$, định hướng $\{111\}$, và định hướng tương tự đã được bộc lộ, ví dụ như kỹ thuật được mô tả trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 5.

[0004]

Nhiều phương pháp khác nhau đã được phát minh ra làm phương pháp kiểm soát kết cấu, và trong số đó, có những kỹ thuật trong đó sử dụng “sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng”. Trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng trong các điều kiện cụ thể, có thể ngăn chặn sự tích tụ của các định hướng $\{111\}$, và do đó sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng được sử dụng hiệu quả cho tấm thép điện không định hướng. Những kỹ thuật này được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 6 đến 10 và tương tự.

[0005]

Tuy nhiên, khi những tấm thép điện không định hướng này bị cắt, có khả năng là các đặc tính có thể thay đổi.

Danh mục tài liệu trích dẫn

[Tài liệu sáng chế]

[0006]

[Tài liệu sáng chế 1] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2017-193754

[Tài liệu sáng chế 2] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2011-111658

[Tài liệu sáng chế 3] Công bố quốc tế đơn PCT số WO 2016/148010

[Tài liệu sáng chế 4] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2018-3049

[Tài liệu sáng chế 5] Công bố quốc tế đơn PCT số WO 2015/199211

[Tài liệu sáng chế 6] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số H8-143960

[Tài liệu sáng chế 7] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2002-363713

[Tài liệu sáng chế 8] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2011-162821

[Tài liệu sáng chế 9] Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, Công bố lần thứ nhất số 2013-112853

[Tài liệu sáng chế 10] Đơn sáng chế Nhật Bản số 4029430

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề được giải quyết bởi sáng chế

[0007]

Sáng chế được thực hiện dựa trên vấn đề được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là cung cấp tấm thép điện không định hướng trong đó có thể đạt được các

đặc điểm từ tính vượt trội (độ tổn hao sắt thấp hoặc tương tự) ngay cả sau khi bị cắt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Cách thức giải quyết vấn đề

[0008]

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu các kỹ thuật để hình thành kết cấu thích hợp hơn cho tấm thép điện không định hướng sử dụng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và các đặc tính của tấm thép mà thu được bằng các kỹ thuật này. Trong số đó, người ta thấy rằng, trong tấm thép điện không định hướng mà sử dụng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, có những trường hợp thay đổi về đặc tính (cụ thể là độ tổn hao sắt) trở nên lớn tùy thuộc vào điều kiện xử lý tại thời điểm cắt mẫu để đánh giá đặc tính. Khi hiện tượng này được quan sát chi tiết, người ta cho rằng, trong trường hợp các đặc tính trở nên kém, mặt cắt của mẫu thô và có khả năng trạng thái đứt gãy trong quá trình cắt có thể có ảnh hưởng đến hiện tượng này.

[0009]

Là kết quả của việc nghiên cứu chi tiết mối liên hệ giữa trạng thái của mặt cắt này và cấu trúc tinh thể, các tác giả sáng chế làm rõ rằng, trong tấm thép có mặt cắt thô, cấu trúc tinh thể trở thành cấu trúc hạt kép, và sự khác biệt trong kích thước hạt giữa các hạt được định hướng $\{100\}$ và các hạt được định hướng $\{110\}$, mà trở thành định hướng xâm lấn trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và các hạt được định hướng $\{111\}$, mà trở thành định hướng bị xâm lấn, là đặc trưng.

[0010]

Các tác giả sáng chế thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết vấn đề được mô tả ở trên. Kết quả là, người ta làm rõ rằng để sản xuất tấm thép điện không định hướng có các đặc điểm từ tính vượt trội mà trong đó, cụ thể là các hạt được định hướng $\{100\}$ được ưu tiên phát triển trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và, để hạn chế ảnh hưởng xấu đến các đặc điểm từ tính do việc cắt, điều quan trọng là phải điều chỉnh một cách thích hợp diện tích và tỷ lệ diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ và các hạt được định hướng $\{111\}$ khi được quan sát trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép (bề mặt tấm thép).

Ngoài ra, người ta cũng làm rõ rằng, để sản xuất tấm thép điện không định

hướng như vậy, trong giai đoạn mà truyền biến dạng gây ra cảm ứng biến dạng, quan trọng là phải kiểm soát diện tích và tỷ lệ diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor nhỏ và các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn khi được quan sát trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép và lượng biến dạng được truyền vào đó trong phạm vi xác định trước và gây ra sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng.

[0011]

Các tác giả sáng chế lặp lại các nghiên cứu chuyên sâu dựa trên những phát hiện như vậy. Kết quả là, các tác giả sáng chế thu được ý tưởng về các khía cạnh khác nhau của sáng chế được mô tả dưới đây.

[0012]

[1]

Tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau

Si: 1,50% đến 4,00%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng nhỏ hơn 2,50%,

C: 0,0100% trở xuống,

sol. Al: 4,00% trở xuống,

S: 0,0400% trở xuống,

N: 0,0100% trở xuống,

Sn: 0,00% đến 0,40%,

Sb: 0,00% đến 0,40%,

P: 0,00% đến 0,40%,

Cr: 0,001% đến 0,100%,

B: 0,0000% đến 0,0050%,

O: 0,0000% đến 0,0200%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd: tổng từ 0,0000% đến 0,0100%,

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], thỏa mãn công thức (1), và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng K_{100} , và giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng K_{tyl} , thỏa mãn công thức từ (3) đến (6).

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) \leq 0,00\% \dots (1)$$

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \dots (2)$$

$$0,20 \leq S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,85 \dots (3)$$

$$0,05 \leq S_{100}/S_{tot} \leq 0,80 \dots (4)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,50 \dots (5)$$

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 0,990 \dots (6)$$

Ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

[2]

Tấm thép điện không định hướng theo mục [1], trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ

2,8 trở xuống được biểu thị bằng K_{tra} , có thể thỏa mãn công thức (7).

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \dots (7)$$

[3]

Tấm thép điện không định hướng theo mục [1] hoặc [2], trong đó, trong trường hợp mà diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng S_{110} , có thể thỏa mãn công thức (8).

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \dots (8)$$

Ở đây, người ta cho rằng công thức (8) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

[4]

Tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3], trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng K_{110} , công thức (9) có thể được thỏa mãn.

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \dots (9)$$

[5] Tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh khác của sáng chế chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si: 1,50% đến 4,00%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%,

C: 0,0100% trở xuống,

sol. Al: 4,00% trở xuống,

S: 0,0400% trở xuống,

N: 0,0100% trở xuống,

Sn: 0,00% đến 0,40%,

Sb: 0,00% đến 0,40%,

P: 0,00% đến 0,40%,

Cr: 0,001% đến 0,100%,

B: 0,0000% đến 0,0050%,

O: 0,0000% đến 0,0200%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd: tổng lượng từ 0,0000% đến 0,0100%,

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], công thức (1) được thỏa mãn, và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng K_{100} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng K_{tyl} , kích thước hạt trung bình trong vùng quan sát được biểu thị bằng d_{ave} , kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng d_{100} , và kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng d_{tyl} , công thức (10) đến (15) được thỏa mãn.

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

(1)

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \cdots (2)$$

$$S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,70 \cdots (10)$$

$$0,20 \leq S_{100}/S_{tot} \cdots (11)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,55 \cdots (12)$$

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 1,010 \dots (13)$$

$$d_{100}/d_{ave} > 1,00 \dots (14)$$

$$d_{100}/d_{tyl} > 1,00 \dots (15)$$

Ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

[6]

Tấm thép điện không định hướng theo mục [5], trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng K_{tra} , công thức (16) có thể được thỏa mãn.

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \dots (16)$$

[7]

Tấm thép điện không định hướng theo mục [5] hoặc [6], trong đó, trong trường hợp mà kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng d_{tra} , công thức (17) có thể được thỏa mãn.

$$d_{100}/d_{tra} > 1,00 \dots (17)$$

[8]

Tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [5] đến [7], trong đó, trong trường hợp mà diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng S_{110} , công thức (18) có thể được thỏa mãn.

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \dots (18)$$

Ở đây, người ta cho rằng công thức (18) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

[9]

Tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [5] đến [8], trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng K_{110} , công thức (19) có thể được thỏa mãn.

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \cdots (19)$$

[10]

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [5] đến [9], phương pháp bao gồm

thực hiện xử lý nhiệt trên tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4] ở nhiệt độ 700°C đến 950°C trong 1 giây đến 100 giây.

[11]

Tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh khác của sáng chế chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si: 1,50% đến 4,00%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%,

C: 0,0100% trở xuống,

sol. Al: 4,00% trở xuống,

S: 0,0400% trở xuống,

N: 0,0100% trở xuống,

Sn: 0,00% đến 0,40%,

Sb: 0,00% đến 0,40%,

P: 0,00% đến 0,40%,

Cr: 0,001% đến 0,100%,

B: 0,0000% đến 0,0050%,

O: 0,0000% đến 0,0200%,

một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd: tổng lượng từ 0,0000% đến 0,0100%,

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm

lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], công thức (1) được thỏa mãn, và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , kích thước hạt trung bình trong vùng quan sát được biểu thị bằng d_{ave} , kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng d_{100} , và kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng d_{tyl} , công thức (20) đến (24) được thỏa mãn.

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

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \cdots (2)$$

$$S_{tyl}/S_{tot} < 0,55 \cdots (20)$$

$$S_{100}/S_{tot} > 0,30 \cdots (21)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,60 \cdots (22)$$

$$d_{100}/d_{ave} \geq 0,95 \cdots (23)$$

$$d_{100}/d_{tyl} \geq 0,95 \cdots (24)$$

Ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

[12]

Tấm thép điện không định hướng theo mục [11], trong đó, trong trường hợp mà kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng d_{tra} , công thức (25) có thể được thỏa mãn.

$$d_{100}/d_{tra} \geq 0,95 \cdots (25)$$

[13]

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo khía cạnh khác của sáng chế, bao gồm

thực hiện xử lý nhiệt trên tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [9] ở nhiệt độ 950°C đến 1050°C trong 1 giây đến 100 giây hoặc ở nhiệt độ 700°C đến 900°C trong hơn 1000 giây.

Hiệu quả của sáng chế

[0013]

Theo các khía cạnh được mô tả ở trên của sáng chế, do diện tích và tỷ lệ diện tích của các định hướng tinh thể cụ thể trong mặt cắt song song với bề mặt tấm thép là phù hợp, có thể cung cấp tấm thép điện không định hướng có các đặc điểm từ tính vượt trội ngay cả sau khi cắt và phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng này.

Mô tả chi tiết sáng chế

[0014]

Sau đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Tấm thép điện không định hướng theo phương án được sản xuất bằng cách đưa vật liệu thép được sản xuất bằng cách đúc hoặc tương tự vào bước cán nóng, bước ủ tấm cán nóng, bước cán nguội, bước ủ trung gian, và bước cán qua bề mặt (skin-pass rolling). Ở giai đoạn này, tấm thép có cấu trúc kim loại được mô tả trong phương án 1 sẽ được mô tả dưới đây.

Hơn nữa, tấm thép điện không định hướng được sản xuất thông qua bước xử lý nhiệt thứ nhất sau đó. Ở giai đoạn này, tấm thép điện không định hướng có cấu trúc kim loại được mô tả trong phương án 2 sẽ được mô tả dưới đây.

Hơn nữa, tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách thực

hiện xử lý nhiệt lần thứ hai trên tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt hoặc sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất. Ở giai đoạn này, tấm thép có cấu trúc kim loại được mô tả trong phương án 3 sẽ được mô tả dưới đây.

Do xử lý nhiệt (xử lý nhiệt lần thứ nhất và/hoặc xử lý nhiệt lần thứ hai) sau khi cán qua bề mặt, tấm thép trải qua sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và sau đó hạt phát triển bình thường. Sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và sự phát triển hạt bình thường có thể xảy ra trong bước xử lý nhiệt lần thứ nhất hoặc có thể xảy ra trong bước xử lý nhiệt lần thứ hai.

Tấm thép sau khi cán qua bề mặt là tấm cơ sở của tấm thép sau khi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng hoặc tấm cơ sở của tấm thép sau khi phát triển hạt bình thường. Ngoài ra, tấm thép sau khi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng là tấm cơ sở của tấm thép sau khi phát triển hạt bình thường. Sau đây, tấm thép sau khi cán qua bề mặt, tấm thép sau khi chuyển vị biên gây ra do biến dạng, và tấm thép sau khi phát triển hạt bình thường đều sẽ được mô tả là tấm thép điện không định hướng bất kể trước hoặc sau khi xử lý nhiệt.

Thành phần hóa học không thay đổi trong bước cán nóng, bước ủ tấm cán nóng, bước cán nguội, bước ủ trung gian, bước cán qua bề mặt, bước xử lý nhiệt lần thứ nhất và bước xử lý nhiệt lần thứ hai.

[0015]

Đầu tiên, các thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng theo phương án và vật liệu thép mà được sử dụng trong phương pháp sản xuất tương tự sẽ được mô tả. Trong phần mô tả sau, “%” mà là đơn vị của lượng của mỗi nguyên tố có trong tấm thép điện không định hướng hoặc vật liệu thép có nghĩa là “% khối lượng” trừ khi có mô tả cụ thể khác. Tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án chứa, làm thành phần hóa học, Si: 1,50% đến 4,00%, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%, C: 0,0100% trở xuống, sol. Al: 4,00% trở xuống, P: 0,00% đến 0,40%, S: 0,0400% trở xuống, N: 0,0100% trở xuống, Sn: 0,00% đến 0,40%, Sb: 0,00% đến 0,40%, Cr: 0,001% đến 0,100%, B: 0,0000% đến 0,0050%, O: 0,0000% đến 0,0200%, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd: tổng lượng từ 0,0000% đến 0,0100%, và phần còn lại là

Fe và các tạp chất. Là tạp chất, các tạp chất có trong nguyên liệu thô như quặng hoặc phế liệu hoặc các tạp chất có trong các bước sản xuất là những ví dụ điển hình.

[0016]

(Si: 1,50% đến 4,00%)

Si tăng điện trở để giảm tổn hao dòng điện xoáy để giảm tổn hao sắt hoặc tăng tỷ lệ hiệu suất để cải thiện khả năng gia công đột dập để hình thành lõi. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 1,50%, không thể đạt được đủ những hiệu quả này. Do đó, hàm lượng Si được đặt từ 1,50% trở lên. Hàm lượng Si tốt hơn là 2,00% trở lên, tốt hơn nữa là 2,10% trở lên, và còn tốt hơn nữa là 2,30% trở lên.

Mặt khác, khi hàm lượng Si lớn hơn 4,00%, mật độ từ thông giảm, khả năng gia công đột dập xấu đi hoặc việc cán nguội trở nên khó khăn do độ cứng tăng quá mức. Do đó, hàm lượng Si được đặt từ 4,00% trở xuống.

[0017]

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%)

Những nguyên tố này là các nguyên tố ổn định auxtenit (pha γ), và, khi chứa lượng lớn những nguyên tố này, biến đổi ferit-auxtenit (sau đây gọi là biến đổi α - γ) xảy ra trong quá trình xử lý nhiệt của tấm thép. Tác dụng của tấm thép điện không định hướng theo phương án được coi là được thể hiện bằng cách kiểm soát diện tích và tỷ lệ diện tích của định hướng tinh thể cụ thể trong mặt cắt song song với bề mặt tấm thép; tuy nhiên, khi biến đổi α - γ xảy ra trong quá trình xử lý nhiệt, diện tích và tỷ lệ diện tích thay đổi đáng kể do sự biến đổi, và không thể thu được cấu trúc kim loại xác định trước. Do đó, tổng lượng của một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au được đặt nhỏ hơn 2,50%. Tổng hàm lượng tốt hơn là nhỏ hơn 2,00% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 1,50%. Giới hạn dưới của tổng lượng của những nguyên tố này không bị giới hạn cụ thể (có thể là 0,00%), nhưng hàm lượng Mn tốt hơn là đặt từ 0,10% trở lên vì lý do ngăn chặn sự kết tủa mịn của MnS mà làm suy giảm các đặc điểm từ tính.

[0018]

Ngoài ra, là điều kiện để ngăn chặn sự xuất hiện của biến đổi α - γ , thành

phần hóa học được điều chỉnh để thỏa mãn thêm điều kiện sau. Tức là, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], hàm lượng được điều chỉnh để thỏa mãn công thức (1).

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) \leq 0,00\% \dots (1)$$

[0019]

(C: 0,0100% trở xuống)

C tăng tổn hao sắt hoặc gây ra lão hóa từ tính. 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 0,0100%. Do đó, hàm lượng C được đặt từ 0,0100% trở xuống. Giới hạn dưới của hàm lượng C không bị giới hạn cụ thể, nhưng hàm lượng C tốt hơn là đặt từ 0,0005% trở lên tùy thuộc vào chi phí xử lý khử cacbon tại thời điểm tinh chế.

[0020]

(sol. Al: 4,00% trở xuống)

Sol. Al tăng điện trở để giảm tổn hao dòng điện xoáy để làm giảm tổn hao sắt. Sol. Al cũng góp phần cải thiện độ lớn tương đối của mật độ từ thông B50 đối với mật độ từ thông bão hòa. Ở đây, mật độ từ thông B50 đề cập đến mật độ từ thông trong từ trường 5000A/m. Khi hàm lượng sol. Al nhỏ hơn 0,0001%, không thể đạt được đủ những hiệu quả này. Ngoài ra, Al cũng có tác dụng thúc đẩy khử lưu huỳnh trong sản xuất thép. Do đó, trong trường hợp thu được hiệu quả mô tả ở trên, hàm lượng sol. Al tốt hơn là đặt từ 0,0001% trở lên. Hàm lượng sol. Al tốt hơn nữa là đặt từ 0,30% trở lên.

Mặt khác, khi hàm lượng sol. Al lớn hơn 4,00%, mật độ từ thông giảm hoặc tỷ lệ hiệu suất giảm, theo đó khả năng gia công đột dập xấu đi. Do đó, hàm lượng sol. Al được đặt từ 4,00% trở xuống. Hàm lượng sol. Al tốt hơn là 2,50% trở xuống và

tốt hơn nữa là 1,50% trở xuống.

[0021]

(S: 0,0400% trở xuống)

S không phải là nguyên tố thiết yếu và được chứa trong thép như tạp chất chẳng hạn. S gây ra sự kết tủa MnS mịn và do đó ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển của các hạt tinh thể trong quá trình ủ. Do đó, hàm lượng S tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Độ tổn hao sắt tăng và mật độ từ thông giảm do sự ức chế tái kết tinh như vậy và sự phát triển của hạt trở nên đáng kể khi hàm lượng S lớn hơn 0,0400%. Do đó, hàm lượng S được đặt từ 0,0400% trở xuống. Hàm lượng S tốt hơn là đặt từ 0,0200% trở xuống và tốt hơn nữa là đặt từ 0,0100% trở xuống. Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn cụ thể, nhưng hàm lượng S tốt hơn là đặt từ 0,0003% trở lên tùy thuộc vào chi phí xử lý khử lưu huỳnh tại thời điểm tinh chế.

[0022]

(N: 0,0100% trở xuống)

Tương tự C, N làm suy giảm các đặc điểm từ tính, và do đó hàm lượng N tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Do đó, hàm lượng N được đặt từ 0,0100% trở xuống. Giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn cụ thể, nhưng hàm lượng N tốt hơn là đặt từ 0,0010% trở lên tùy thuộc vào chi phí xử lý khử nitơ tại thời điểm tinh chế.

[0023]

(Sn: 0,00% đến 0,40%, Sb: 0,00% đến 0,40% và P: 0,00% đến 0,40%)

Khi chứa quá nhiều Sn hoặc Sb, thép trở nên giòn. Do đó, cả hai hàm lượng Sn và hàm lượng Sb được đặt từ 0,40% trở xuống. Ngoài ra, khi chứa quá nhiều P sẽ làm thép bị giòn. Do đó, hàm lượng P được đặt từ 0,40% trở xuống.

Mặt khác, Sn và Sb có tác dụng cải thiện kết cấu sau khi cán nguội hoặc tái kết tinh để cải thiện mật độ từ thông. Ngoài ra, P là nguyên tố hiệu quả trong việc đảm bảo độ cứng của tấm thép sau khi tái kết tinh. Do đó, có thể chứa những nguyên tố này khi cần thiết. Trong trường hợp đó, tốt hơn là chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có 0,02% đến 0,40% Sn, 0,02% đến 0,40% Sb và 0,02% đến 0,40% P.

[0024]

(Cr: 0,001% to 0,100%)

Cr liên kết với oxy trong thép và hình thành Cr_2O_3 . Cr_2O_3 này góp phần cải thiện kết cấu. Để có được hiệu quả mô tả ở trên, hàm lượng Cr được đặt từ 0,001% trở lên.

Mặt khác, khi hàm lượng Cr vượt quá 0,100%, Cr_2O_3 ức chế sự phát triển hạt trong quá trình ủ, kích thước hạt trở nên nhỏ, và gây ra tăng tổn hao sắt. Do đó, hàm lượng Cr được đặt từ 0,100% trở xuống.

[0025]

(Một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd: tổng lượng từ 0,0100% trở xuống)

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 thành kết tủa sunfua, oxysulfua hoặc cả hai. Sau đây, Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd sẽ được gọi chung là “các nguyên tố tạo kết tủa thô” trong vài trường hợp. Kích thước hạt trong kết tủa của nguyên tố tạo kết tủa thô xấp xỉ từ 1 μm đến 2 μm , lớn hơn đáng kể so với kích thước hạt (xấp xỉ 100nm) trong kết tủa mịn của MnS, TiN, AlN, hoặc tương tự. Do đó, các kết tủa mịn này bám vào các kết tủa của các nguyên tố tạo kết tủa thô và ít có khả năng ức chế sự phát triển của các hạt tinh thể trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Để có được đủ hiệu quả này, tổng lượng của những nguyên tố tạo kết tủa thô này tốt hơn là 0,0005% trở lên.

Mặt khác, khi tổng lượng của những nguyên tố này vượt quá 0,0100%, tổng lượng của sulfua, oxysulfua, hoặc cả hai trở nên quá mức, và ức chế sự phát triển của các hạt tinh thể trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Do đó, tổng hàm lượng các nguyên tố tạo kết tủa thô được đặt từ 0,0100% trở xuống.

[0026]

(B: 0,0000% đến 0,0050%)

B góp phần cải thiện kết cấu với một lượng nhỏ. Do đó, có thể chứa B. Trong trường hợp thu được hiệu quả mô tả ở trên, hàm lượng B tốt hơn là đặt từ 0,0001% trở lên.

Mặt khác, khi hàm lượng B vượt quá 0,0050%, một hợp chất của B ức chế

sự phát triển hạt trong quá trình ủ, kích thước hạt trở nên nhỏ, và gây ra tăng tổn hao sắt. Do đó, hàm lượng B được đặt từ 0,0050% trở xuống.

[0027]

(O: 0,0000% đến 0,0200%)

O liên kết với Cr trong thép và tạo thành Cr_2O_3 . Cr_2O_3 này góp phần cải thiện kết cấu. Do đó, có thể chứa O. Trong trường hợp thu được hiệu quả mô tả ở trên, hàm lượng O tốt hơn là đặt từ 0,0010% trở lên.

Mặt khác, khi hàm lượng O vượt quá 0,0200%, Cr_2O_3 ức chế sự phát triển hạt trong quá trình ủ, kích thước hạt trở nên nhỏ, và gây ra tăng tổn hao sắt. Do đó, hàm lượng O được đặt từ 0,0200% trở xuống.

[0028]

Tiếp theo, độ dày tấm của tấm thép điện không định hướng theo phương án sẽ được mô tả. Độ dày (độ dày tấm) của tấm thép điện không định hướng theo phương án tốt hơn là từ 0,10mm đến 0,50mm. Khi độ dày vượt quá 0,50mm, có những trường hợp không thể thu được độ tổn hao sắt mong muốn. Do đó, độ dày tốt hơn là đặt từ 0,50mm trở xuống. Khi độ dày nhỏ hơn 0,10mm, ảnh hưởng của rò rỉ từ thông từ bề mặt của tấm thép điện không định hướng hoặc tương tự trở nên lớn, và có những trường hợp mà các đặc điểm từ tính xấu đi. Ngoài ra, khi độ dày nhỏ hơn 0,10mm, có khả năng sự kết chuỗi dọc theo dây chuyền ủ có thể trở nên khó khăn hoặc số lượng tấm thép điện không định hướng cần thiết cho lõi có kích thước nhất định có thể tăng, điều này gây ra sự suy giảm năng suất do tăng giờ công và tăng chi phí sản xuất. Do đó, độ dày tốt hơn là đặt từ 0,10 mm trở lên. Tốt hơn nữa là độ dày từ 0,20mm đến 0,35mm.

[0029]

Tiếp theo, cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng theo phương án sẽ được mô tả. Sau đây, cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt, cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất, và cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai sẽ được mô tả.

[0030]

Đầu tiên, cấu trúc kim loại được xác định và phương pháp xác định cấu trúc kim loại này sẽ được mô tả. Cấu trúc kim loại được xác định trong phương án là cấu trúc kim loại mà được xác định trong mặt cắt song song với bề mặt tấm của tấm thép và được xác định theo quy trình sau.

[0031]

Đầu tiên, tấm thép được mài nhẵn sao cho lộ ra trung tâm độ dày tấm, và vùng $2500\mu\text{m}^2$ trở lên trên bề mặt được mài nhẵn (bề mặt song song với bề mặt tấm thép) được quan sát bởi EBSD (electron back scattering diffraction - nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử). Miễn là tổng diện tích là $2500\mu\text{m}^2$ trở lên, có thể thực hiện quan sát tại một số vị trí trong vài phần nhỏ được chia. Khoảng cách mong muốn giữa các bước trong quá trình đo là từ 50 đến 100nm. Thu được các loại diện tích, các giá trị KAM (Kernel average misorientation - Định hướng sai lệch trung bình của hạt nhân), và kích thước hạt trung bình sau từ dữ liệu quan sát EBSD bằng phương pháp thông thường.

[0032]

S_{tot} : Tổng diện tích (diện tích được quan sát)

S_{tyl} : Tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8

S_{tra} : Tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) từ 2,8 trở xuống

S_{100} : Tổng diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$

S_{110} : Tổng diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$

K_{tyl} : Giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8

K_{tra} : Giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) từ 2,8 trở xuống

K_{100} : Giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$

K_{110} : Giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{110\}$

d_{ave} : Kích thước hạt trung bình trong vùng quan sát

d_{100} : Kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$

d_{tyl} : Kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8

d_{tra} : Kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) từ 2,8 trở xuống

Ở đây, dung sai định hướng của các hạt tinh thể được đặt từ 15° . Ngoài ra, ngay cả khi các hạt được định hướng xuất hiện sau đó, dung sai định hướng được đặt từ 15° .

[0033]

Ở đây, giả sử hệ số Taylor M theo công thức (2).

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \dots (2)$$

ϕ : Góc tạo bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể

λ : Góc tạo bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể

[0034]

Hệ số Taylor M được mô tả ở trên là hệ số Taylor trong trường hợp thực hiện biến dạng nén theo hướng chiều dày tấm trên biến dạng trong mặt phẳng trên mặt phẳng song song với hướng chiều dày tấm và hướng cán với giả định rằng sự biến dạng trượt của tinh thể xảy ra trong mặt phẳng trượt $\{110\}$ và theo hướng trượt $\langle 111 \rangle$. Sau đây, trừ khi được mô tả cụ thể khác, giá trị trung bình của hệ số Taylor theo công thức (2) thu được đối với tất cả các tinh thể tương đương về mặt tinh thể sẽ được gọi đơn giản là “hệ số Taylor.”

[0035]

Tiếp theo, trong các phương án từ 1 đến 3 dưới đây, các đặc điểm sẽ được quy định bởi phần mô tả ở trên, giá trị KAM, và kích thước hạt trung bình.

[0036]

(Phương án 1)

Đầu tiên, cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt sẽ được mô tả. Cấu trúc kim loại này tích lũy đủ độ biến dạng để gây ra

sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và có thể được xác định là trạng thái giai đoạn đầu trước khi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng xảy ra. Các đặc điểm của cấu trúc kim loại của tấm thép sau khi cán qua bề mặt được điều chỉnh đại khái bởi định hướng cho các hạt tinh thể theo định hướng đã định để phát triển và các điều kiện liên quan đến sự biến dạng được tích lũy đủ để gây ra sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng.

[0037]

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, diện tích của các hạt được định hướng xác định trước thỏa mãn công thức từ (3) đến (5).

$$0,20 \leq S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,85 \cdots (3)$$

$$0,05 \leq S_{100}/S_{tot} \leq 0,80 \cdots (4)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,50 \cdots (5)$$

[0038]

S_{tyl} là độ nhiều của định hướng trong đó hệ số Taylor đủ lớn. Trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng, định hướng trong đó hệ số Taylor nhỏ và biến dạng do quá trình xử lý ít có khả năng tích lũy sẽ ưu tiên phát triển trong khi lần sang định hướng trong đó hệ số Taylor lớn và biến dạng do quá trình xử lý đã tích lũy. Do đó, để phát triển định hướng đặc biệt bằng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, cần phải có một lượng S_{tyl} nhất định. Trong phương án này, S_{tyl} được điều chỉnh dưới dạng tỷ lệ diện tích trên tổng diện tích S_{tyl}/S_{tot} , và, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} được đặt từ 0,20 trở lên. Khi tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} nhỏ hơn 0,20, hướng tinh thể mong muốn không phát triển đầy đủ bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là 0,30 trở lên và tốt hơn nữa là 0,50 trở lên.

[0039]

Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} gắn liền với độ nhiều của các hạt được định hướng tinh thể mà cần được phát triển trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng được mô tả dưới đây, nhưng điều kiện không chỉ đơn giản được xác định bởi tỷ lệ của định hướng tăng trưởng ưu tiên và định hướng bị xâm lấn. Đầu tiên, như được mô tả dưới đây, do tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} của các hạt được định hướng {100} cần được phát triển bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng là 0,05

trở lên, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} chắc chắn trở thành 0,95 trở xuống. Tuy nhiên, khi độ nhiều của tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} trở nên quá mức, sự tăng trưởng ưu tiên của các hạt được định hướng {100} không xảy ra do liên quan đến biến dạng được mô tả dưới đây. Sự liên quan đến lượng biến dạng sẽ được mô tả chi tiết dưới đây; tuy nhiên, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} trở thành 0,85 trở xuống. Tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là 0,75 trở xuống và tốt hơn nữa là 0,70 trở xuống.

[0040]

Trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiếp theo, các hạt được định hướng {100} được ưu tiên tăng trưởng. Định hướng {100} là một trong những định hướng trong đó hệ số Taylor đủ nhỏ và biến dạng do quá trình xử lý ít có khả năng tích lũy và là định hướng có khả năng tăng trưởng ưu tiên trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Trong phương án này, sự có mặt của các hạt được định hướng {100} là cần thiết, và, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} của các hạt được định hướng {100} trở thành 0,05 trở lên. Khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} của các hạt được định hướng {100} nhỏ hơn 0,05, các hạt được định hướng {100} không phát triển đầy đủ bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiếp theo. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} tốt hơn là 0,10 trở lên và tốt hơn nữa là 0,20 trở lên.

[0041]

Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} được xác định tùy thuộc vào độ nhiều của các hạt được định hướng tinh thể mà bị xâm lấn bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} trong định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8, mà bị xâm lấn bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, là 0,20 trở lên, và do đó tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} trở thành 0,80 trở xuống. Tuy nhiên, khi độ nhiều của các hạt được định hướng {100} trước khi độ chuyển vị biên gây ra do biến dạng nhỏ, tác dụng trở nên đáng kể, và có thể phát triển thêm các hạt được định hướng {100}. Khi xem xét điều này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} tốt hơn là 0,60 trở xuống, tốt hơn nữa là 0,50 trở xuống, và còn tốt hơn nữa là 0,40 trở xuống.

[0042]

Là các hạt được định hướng mà cần được ưu tiên tăng trưởng, các hạt được định hướng {100} được mô tả chủ yếu, nhưng có nhiều các hạt được định hướng khác là định hướng mà trong đó, tương tự các hạt được định hướng {100}, hệ số

Taylor đủ nhỏ và biến dạng do quá trình xử lý ít có khả năng tích lũy và có khả năng tăng trưởng ưu tiên trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Các hạt được định hướng như vậy cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ cần được ưu tiên tăng trưởng. Mặt khác, các hạt được định hướng này không có nhiều các hướng trục dễ từ hóa (hướng $\langle 100 \rangle$) như là các hạt được định hướng $\{100\}$ trong bề mặt tấm thép, và do đó, khi những định hướng này phát triển bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, các đặc điểm từ tính xấu đi, điều này trở thành các bất lợi. Do đó, trong phương án này, người ta quy định rằng tỷ lệ độ nhiều của các hạt được định hướng $\{100\}$ theo các định hướng trong đó hệ số Taylor đủ nhỏ và sự biến dạng do quá trình xử lý ít có khả năng tích lũy được đảm bảo.

[0043]

Trong sáng chế, diện tích của hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống, bao gồm hạt được định hướng được cho là cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng, được biểu thị bằng S_{tra} . Ngoài ra, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} được đặt từ 0,50 trở lên như thể hiện trong công thức (5), và sự tăng trưởng vượt trội của các hạt được định hướng $\{100\}$ được bảo đảm. Khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} này nhỏ hơn 0,50, các hạt được định hướng $\{100\}$ không phát triển đủ bằng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} tốt hơn là 0,80 trở lên và tốt hơn nữa là 0,90 trở lên. Mặt khác, giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} không cần phải giới hạn cụ thể, và các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống có thể là tất cả các hạt được định hướng $\{100\}$ (tức là $S_{100}/S_{tra} = 1,00$).

[0044]

Hơn nữa, trong phương án này, cụ thể, mối quan hệ với các hạt được định hướng $\{110\}$, được biết đến như là định hướng trong đó các hạt có khả năng phát triển bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, được điều chỉnh. Định hướng $\{110\}$ là định hướng có khả năng phát triển tương đối dễ dàng ngay cả trong các phương pháp không ổn định trong đó cỡ hạt tăng trong tấm thép cán nóng và hạt được kết tinh lại bằng cán nguội hoặc hạt được kết tinh lại bằng cán nguội ở độ giảm cán tương đối thấp và cần được quan tâm đặc biệt trong việc cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ mà cần được ưu tiên tăng trưởng. Khi các hạt được định hướng $\{110\}$ phát triển bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, tấm thép tính dị hướng

trong mặt phẳng của các đặc tính trở nên quá lớn, điều này trở thành bất lợi. Do đó, trong phương án này, tốt hơn là đảm bảo sự tăng trưởng vượt trội của các hạt được định hướng $\{100\}$ bằng cách kiểm soát tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} của các hạt được định hướng $\{100\}$ đối với các hạt được định hướng $\{110\}$ để thỏa mãn công thức (8).

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \cdots (8)$$

[0045]

Để tránh sự phát triển không chủ ý của các hạt được định hướng $\{110\}$ bằng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} tốt hơn là 1,00 trở lên. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} tốt hơn nữa là 2,00 trở lên và còn tốt hơn nữa là 4,00 trở lên. Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} không cần phải giới hạn cụ thể, và tỷ lệ diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ có thể bằng 0. Tức là, người ta cho rằng công thức (8) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

[0046]

Trong phương án này, có thể thu được các đặc điểm từ tính vượt trội nhiều hơn bằng cách kết hợp biến dạng được mô tả dưới đây bên cạnh các định hướng tinh thể được mô tả ở trên. Trong phương án này, cần phải thỏa mãn công thức (6) là điều chỉnh liên quan đến sự biến dạng.

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 0,990 \cdots (6)$$

[0047]

Yêu cầu liên quan đến sự biến dạng được điều chỉnh bởi công thức (6). Công thức (6) là tỷ lệ của biến dạng được tích lũy trong các hạt được định hướng $\{100\}$ (giá trị KAM trung bình) đối với biến dạng được tích lũy trong các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 (giá trị KAM trung bình). Ở đây, giá trị KAM là sự khác biệt định hướng so với điểm đo liên kề trong cùng một hạt, và giá trị KAM trở nên cao tại điểm có lượng biến dạng lớn. Từ quan điểm tinh thể học, ví dụ, trong trường hợp mà thực hiện biến dạng nén theo hướng chiều dày tấm ở trạng thái biến dạng phẳng trong mặt phẳng song song với hướng chiều dày tấm và hướng cán, tức là, trong trường hợp mà tấm thép được cán đơn giản, thông thường, tỷ lệ K_{100}/K_{tyl} của K_{100} trên K_{tyl} trở nên nhỏ hơn 1. Tuy nhiên, trong thực tế, do ảnh hưởng

của sự liên kết bởi các hạt tinh thể liền kề, kết tủa có trong các hạt tinh thể, và, hơn nữa, sự dao động biến dạng vĩ mô bao gồm sự tiếp xúc với các dụng cụ (con lăn hoặc tương tự) trong quá trình biến dạng, biến dạng tương ứng với định hướng tinh thể mà được quan sát bằng kính hiển vi có nhiều dạng khác nhau. Do đó, ảnh hưởng của định hướng hình học thuần túy do hệ số Taylor ít có khả năng xuất hiện. Ngoài ra, ví dụ, ngay cả giữa các hạt có cùng định hướng, sự dao động cực kỳ lớn được hình thành tùy thuộc vào kích thước hạt, các dạng hạt, định hướng hoặc kích thước hạt của hạt liền kề, trạng thái kết tủa, vị trí theo hướng chiều dày tấm, và tương tự. Hơn nữa, ngay cả trong một hạt tinh thể, sự phân bố biến dạng dao động đáng kể tùy thuộc vào việc có biến dạng ở gần biên hạt hoặc trong hạt và sự hình thành dải biến dạng hoặc tương tự hay không.

[0048]

Để thu được các đặc điểm từ tính vượt trội trong phương án khi xem xét những biến động như vậy, K_{100}/K_{tyl} được đặt từ 0,990 trở xuống. Khi K_{100}/K_{tyl} này lớn hơn 0,990, tính đặc hiệu của vùng bị xâm lấn sẽ bị mất. Do đó, sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng ít có khả năng xảy ra. K_{100}/K_{tyl} tốt hơn là 0,970 trở xuống và tốt hơn nữa là 0,950 trở xuống.

[0049]

Để cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ mà cần ưu tiên tăng trưởng, tốt hơn là thỏa mãn công thức (7) về mối quan hệ giữa các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống.

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \cdots (7)$$

[0050]

Để ưu tiên tăng trưởng các hạt được định hướng $\{100\}$, K_{100}/K_{tra} tốt hơn là đặt nhỏ hơn 1,010. K_{100}/K_{tra} này cũng là chỉ số liên quan đến sự cạnh tranh giữa các định hướng trong đó biến dạng ít có khả năng tích lũy và có khả năng ưu tiên tăng trưởng, và, khi K_{100}/K_{tra} là 1,010 trở lên, sự ưu tiên của định hướng $\{100\}$ trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng không được thể hiện, và định hướng tinh thể mong muốn không phát triển. K_{100}/K_{tra} tốt hơn nữa là 0,970 trở xuống và còn tốt hơn nữa là 0,950 trở xuống.

[0051]

Để cạnh tranh với các hạt được định hướng {100} mà cần ưu tiên tăng trưởng, tốt hơn là nên xem xét sự biến dạng theo cách tương tự như diện tích về mối quan hệ với các hạt được định hướng {110}. Trong mối quan hệ này, tốt hơn là đảm bảo sự tăng trưởng vượt trội của các hạt được định hướng {100} bằng cách kiểm soát tỷ lệ K_{100}/K_{110} của giá trị KAM trung bình giữa các hạt được định hướng {100} và các hạt được định hướng {110} để thỏa mãn công thức (9).

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \cdots (9)$$

[0052]

Để tránh sự phát triển không chủ ý của các hạt được định hướng {110} do chuyển vị biên gây ra do biến dạng, K_{100}/K_{110} tốt hơn là nhỏ hơn 1,010. K_{100}/K_{110} tốt hơn nữa là 0,970 trở xuống và còn tốt hơn nữa là 0,950 trở xuống.

[0053]

Trong công thức (9), trong trường hợp mà không có các hạt tinh thể có định hướng tương ứng với mẫu số, việc đánh giá bằng giá trị số không được thực hiện trên công thức và công thức được coi là thỏa mãn.

[0054]

Trong cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng ở trạng thái sau khi cán qua bề mặt của phương án này, các kích thước hạt không bị giới hạn cụ thể. Điều này là do mối quan hệ với các kích thước hạt không quá mạnh ở trạng thái mà sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng thích hợp gây ra bởi xử lý nhiệt lần thứ nhất tiếp theo. Tức là, sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng thích hợp mong muốn có xảy ra hay không có thể hầu như được xác định bởi mối quan hệ của độ nhiều (diện tích) trong mỗi định hướng tinh thể và mối quan hệ của lượng biến dạng ở mỗi định hướng bên cạnh thành phần hóa học của tấm thép.

[0055]

Ở đây, khi kích thước hạt trở nên quá thô, mặc dù sự phát triển hạt được gây ra bởi biến dạng, sự phát triển hạt đầy đủ trong phạm vi nhiệt độ thực tế ít có khả năng xảy ra. Ngoài ra, khi kích thước hạt trở nên quá thô, sự xấu đi của các đặc điểm từ tính cũng trở nên khó tránh khỏi. Do đó, kích thước hạt trung bình thực tế tốt hơn

là đặt từ 300 μ m trở xuống. Kích thước hạt trung bình trên thực tế tốt hơn nữa là 100 μ m trở xuống, còn tốt hơn nữa là 50 μ m trở xuống, và đặc biệt tốt là 30 μ m trở xuống. Do kích thước hạt trở nên nhỏ hơn, dễ dàng hơn để nhận ra sự phát triển của định hướng tinh thể mong muốn bằng sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng khi định hướng tinh thể và sự phân bố của biến dạng được kiểm soát một cách thích hợp. Tuy nhiên, khi kích thước hạt trở nên quá nhỏ, trở nên khó để tạo thành sự khác biệt về lượng biến dạng trong mỗi định hướng tinh thể do sự liên kết với các hạt liền kề trong quá trình xử lý để truyền biến dạng như mô tả ở trên. Từ quan điểm này, kích thước hạt trung bình tốt hơn là 3 μ m trở lên, tốt hơn nữa là 8 μ m trở lên, và còn tốt hơn nữa là 15 μ m trở lên.

[0056]

(Phương án 2)

Tiếp theo, cấu trúc kim loại của tấm thép điện không định hướng sau khi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng (và trước khi hoàn thành chuyển vị biên gây ra do biến dạng) do việc thực hiện xử lý nhiệt lần thứ nhất trên tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt sẽ được mô tả. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, ít nhất một phần biến dạng được giải phóng bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, và các đặc tính của cấu trúc kim loại của tấm thép sau quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng được quy định bởi các định hướng tinh thể, độ biến dạng, và các kích thước hạt.

[0057]

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, diện tích của các hạt được định hướng định trước thỏa mãn các công thức từ (10) đến (12). Các quy tắc này khác nhau về khoảng giá trị số so với công thức từ (3) đến (5) về tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt. Điều này là do, cùng với sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, các hạt được định hướng {100} ưu tiên tăng trưởng, diện tích của chúng tăng, các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 chủ yếu bị xâm lấn bởi các hạt được định hướng {100}, và diện tích của chúng giảm.

$$S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}} \leq 0,70 \cdots (10)$$

$$0,20 \leq S_{100}/S_{\text{tot}} \cdots (11)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,55 \cdots (12)$$

[0058]

Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} được xác định là một trong các tham số biểu thị mức độ tiến triển của sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Khi tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} lớn hơn 0,70, điều đó cho thấy rằng các hạt tinh thể của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 không bị xâm lấn đủ và sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng không xảy ra đủ. Tức là, do sự phát triển của các hạt được định hướng $\{100\}$ mà cần được phát triển là chưa đủ, không cải thiện đủ các đặc điểm từ tính. Do đó, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} được đặt từ 0,70 trở xuống. Tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là 0,60 trở xuống và tốt hơn nữa là 0,50 trở xuống. Do tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là càng nhỏ càng tốt, giới hạn dưới không cần phải điều chỉnh và có thể là 0,00.

[0059]

Ngoài ra, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} được đặt từ 0,20 trở lên. Giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} được xác định là một trong các tham số biểu thị mức độ tiến triển của sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng, và, khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} nhỏ hơn 0,20, sự phát triển của các hạt được định hướng $\{100\}$ là không đủ, và do đó không cải thiện đủ các đặc điểm từ tính. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} tốt hơn là 0,40 trở lên và tốt hơn nữa là 0,60 trở lên. Do tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} tốt hơn là càng cao càng tốt, giới hạn trên không cần phải điều chỉnh và có thể là 1,00.

[0060]

Tương tự phương án 1, mối quan hệ giữa các hạt được định hướng mà được coi là cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ trong sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và các hạt được định hướng $\{100\}$ cũng quan trọng. Trong trường hợp mà tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} lớn, sự tăng trưởng vượt trội của các hạt được định hướng $\{100\}$ được đảm bảo, và các đặc điểm từ tính trở nên tốt hơn. Khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} này nhỏ hơn 0,55, nó biểu thị trạng thái mà các hạt được định hướng $\{100\}$ không được phát triển đầy đủ bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 bị xâm lấn bởi các định hướng trong đó hệ số Taylor nhỏ khác với các hạt được định hướng $\{100\}$. Trong trường hợp này, tính dị hướng trong mặt phẳng của các đặc điểm từ tính cũng trở nên lớn.

Do đó, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} được đặt từ 0,55 trở lên. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} tốt hơn là 0,65 trở lên và tốt hơn nữa là 0,75 trở lên. Mặt khác, giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} không cần phải giới hạn cụ thể, và các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống có thể là tất cả các hạt được định hướng $\{100\}$.

[0061]

Hơn nữa, trong phương án này, tương tự phương án 1, mối quan hệ với các hạt được định hướng $\{110\}$ cũng được điều chỉnh. Trong phương án này, tốt hơn là tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} của các hạt được định hướng $\{100\}$ đối với các hạt được định hướng $\{110\}$ thỏa mãn công thức (18), và sự tăng trưởng vượt trội của các hạt được định hướng $\{100\}$ được đảm bảo.

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \cdots (18)$$

[0062]

Như được thể hiện trong công thức (18), trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} tốt hơn là 1,00 trở lên. Khi các hạt được định hướng $\{110\}$ phát triển bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} này nhỏ hơn 1,00, tính dị hướng trong bề mặt tấm thép trở nên quá lớn, điều này có khả năng trở nên bất lợi về mặt đặc tính. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} tốt hơn nữa là 2,00 trở lên và còn tốt hơn nữa là 4,00 trở lên. Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} không cần phải giới hạn cụ thể, và tỷ lệ diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ có thể bằng 0. Tức là, người ta cho rằng công thức (18) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

[0063]

Tiếp theo, các quy định liên quan đến độ biến dạng cần được thỏa mãn trong phương án sẽ được mô tả. Lượng biến dạng trong tấm thép điện không định hướng theo phương án giảm đáng kể so với lượng biến dạng ở trạng thái sau khi cán qua bề mặt được mô tả trong phương án 1 và ở trạng thái có đặc trưng về lượng biến dạng trong mỗi định hướng tinh thể.

[0064]

Quy định về độ biến dạng trong phương án khác nhau trong phạm vi giá trị

số so với công thức (6) liên quan đến tấm thép sau khi cán qua bề mặt và thỏa mãn công thức (13).

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 1,010 \cdots (13)$$

[0065]

Khi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiến triển đủ, phần lớn độ biến dạng trong tấm thép ở tình trạng giải phóng, độ biến dạng trong mỗi định hướng tinh thể trở nên đồng đều, sự dao động độ biến dạng trở nên đủ nhỏ, và tỷ lệ được biểu thị trong công thức (13) trở thành giá trị gần bằng 1.

[0066]

Để thu được các đặc điểm từ tính vượt trội trong phương án khi xem xét những dao động như vậy, K_{100}/K_{tyl} được đặt từ 1,010 trở xuống. Khi K_{100}/K_{tyl} lớn hơn 1,010, vì việc giải phóng biến dạng là không đủ, cụ thể là không đủ giảm tổn hao sắt. K_{100}/K_{tyl} tốt hơn là 0,990 trở xuống và tốt hơn nữa là 0,970 trở xuống. Mặc dù tấm thép điện không định hướng theo phương án thu được bằng cách thực hiện xử lý nhiệt lần thứ nhất trên tấm thép thỏa mãn công thức (6), cũng có thể hiểu rằng giá trị của công thức (13) có thể vượt quá 1,000 do lỗi đo hoặc tương tự.

[0067]

Trong sự cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ mà cần ưu tiên tăng trưởng, tốt hơn là thỏa mãn công thức (16) về mối quan hệ với các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống.

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \cdots (16)$$

[0068]

Để các hạt được định hướng $\{100\}$ được ưu tiên tăng trưởng, K_{100}/K_{tra} tốt hơn là đặt nhỏ hơn 1,010. Khi K_{100}/K_{tra} này là 1,010 trở lên, giải phóng biến dạng là không đủ, và cụ thể là không đủ giảm tổn hao sắt. Xử lý nhiệt lần thứ nhất được thực hiện trên tấm thép điện không định hướng thỏa mãn công thức (7), theo đó thu được tấm thép điện không định hướng thỏa mãn công thức (16).

[0069]

Trong phương án 1, người ta mô tả rằng tốt hơn là xem xét mối quan hệ với

độ biến dạng trong các hạt được định hướng $\{110\}$. Mặt khác, phương án là trạng thái mà sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiến triển đủ và phần lớn độ biến dạng trong tấm thép được giải phóng. Do đó, giá trị K_{110} tương ứng với độ biến dạng được tích lũy trong các hạt được định hướng $\{110\}$ trở thành giá trị mà tại đó biến dạng được giải phóng ở mức độ gần bằng với K_{100} , và, tương tự công thức (9), tốt hơn là thỏa mãn công thức (19).

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \dots (19)$$

[0070]

Tức là, tương tự công thức (9), K_{100}/K_{110} tốt hơn là nhỏ hơn 1,010. Khi K_{100}/K_{110} này là 1,010 trở lên, có những trường hợp giải phóng độ biến dạng là không đủ, và cụ thể là không giảm đủ tổn hao sắt. Xử lý nhiệt lần thứ nhất được thực hiện trên tấm thép điện không định hướng thỏa mãn công thức (9), theo đó thu được tấm thép điện không định hướng thỏa mãn công thức (19).

[0071]

Trong công thức (13) và công thức (19), trong trường hợp mà không có các hạt tinh thể có định hướng tương ứng với mẫu số, việc đánh giá bằng giá trị số không được thực hiện trên công thức, và công thức được coi là thỏa mãn.

[0072]

Tiếp theo, quy định về các kích thước hạt mà cần được thỏa mãn trong phương án sẽ được mô tả. Trong cấu trúc kim loại ở trạng thái mà sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiến triển đủ và phần lớn độ biến dạng được giải phóng, các kích thước hạt trong mỗi định hướng tinh thể có ảnh hưởng đáng kể đến các đặc điểm từ tính. Các hạt tinh thể trong định hướng trong đó các hạt tinh thể được ưu tiên tăng trưởng bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng trở nên thô, và các hạt tinh thể trong định hướng mà bị xâm lấn trở nên mịn. Trong phương án này, mối quan hệ giữa kích thước hạt trung bình được đặt sao cho thỏa mãn công thức (14) và công thức (15).

$$d_{100}/d_{ave} > 1,00 \dots (14)$$

$$d_{100}/d_{tyl} > 1,00 \dots (15)$$

[0073]

Những công thức này chỉ ra rằng kích thước hạt trung bình d_{100} của các hạt được định hướng $\{100\}$, là định hướng ưu tiên tăng trưởng, là tương đối lớn. Những tỷ lệ này trong công thức (14) và công thức (15) tốt hơn là 1,30 trở lên, tốt hơn nữa là 1,50 trở lên, và còn tốt hơn nữa là 2,00 trở lên. Giới hạn trên của những tỷ lệ này không bị giới hạn cụ thể. Mặc dù tốc độ tăng trưởng của các hạt tinh thể trong định hướng bị xâm lấn là chậm so với các hạt được định hướng $\{100\}$, hạt tăng trưởng trong quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất, và do đó các tỷ lệ ít có khả năng trở nên quá lớn, và giới hạn trên thực tế xấp xỉ 10,00.

[0074]

Ngoài ra, trong phương án này, tốt hơn là thỏa mãn công thức (17).

$$d_{100}/d_{tra} > 1,00 \cdots (17)$$

[0075]

Công thức này chỉ ra rằng kích thước hạt trung bình d_{100} của các hạt được định hướng $\{100\}$, là định hướng ưu tiên tăng trưởng, là tương đối lớn. Tỷ lệ này trong công thức (17) tốt hơn nữa là 1,30 trở lên, còn tốt hơn nữa là 1,50 trở lên, và đặc biệt tốt là 2,00 trở lên. Giới hạn trên của tỷ lệ này không bị giới hạn cụ thể. Mặc dù tốc độ tăng trưởng của các hạt tinh thể trong định hướng bị xâm lấn là chậm so với các hạt được định hướng $\{100\}$, hạt tăng trưởng trong quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất, và do đó các tỷ lệ ít có khả năng trở nên quá lớn, và giới hạn trên thực tế xấp xỉ 10,00.

[0076]

Ngoài ra, phạm vi kích thước hạt trung bình không bị giới hạn cụ thể; tuy nhiên, khi kích thước hạt trung bình trở nên quá thô, các đặc điểm từ tính xấu đi là khó tránh khỏi. Do đó, kích thước hạt trung bình thực tế của các hạt được định hướng $\{100\}$, là những hạt tương đối thô trong phương án này, tốt hơn là đặt từ 500 μm trở xuống. Kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ tốt hơn nữa là 400 μm trở xuống, còn tốt hơn nữa là 300 μm trở xuống, và đặc biệt tốt là 200 μm trở xuống. Mặt khác, liên quan đến giới hạn dưới của kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$, với giả định về một trạng thái mà đủ mức tăng trưởng ưu tiên của định hướng $\{100\}$ được đảm bảo, kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ tốt hơn là 40 μm trở lên, tốt hơn nữa là 60 μm trở

lên, và còn tốt hơn nữa là $80\mu\text{m}$ trở lên.

[0077]

Trong công thức (15), trong trường hợp mà không có các hạt tinh thể có định hướng tương ứng với mẫu số, không thực hiện đánh giá bằng giá trị số trên công thức, và công thức được coi là thỏa mãn.

[0078]

(Phương án 3)

Trong phương án 1 và 2, các đặc tính của tấm thép được quy định bằng cách xác định độ biến dạng trong tấm thép với giá trị KAM. Ngược lại, trong phương án này, tấm thép thu được bằng cách ủ tấm thép theo phương án 1 hoặc 2 trong thời gian đủ dài, và, ngoài ra, sự tăng trưởng hạt sẽ được quy định. Do sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng gần như đã hoàn thành, và, kết quả là, độ biến dạng gần như được giải phóng hoàn toàn, tấm thép như vậy trở nên cực kỳ ưu việt về mặt đặc tính. Tức là, tấm thép trong đó các hạt được định hướng $\{100\}$ được tăng trưởng bởi sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và tiếp tục tăng trưởng bình thường bởi xử lý nhiệt lần thứ hai cho đến khi biến dạng gần như được giải phóng hoàn toàn trở thành tấm thép trong đó sự tích lũy trong định hướng $\{100\}$ mạnh hơn. Trong phương án này, các định hướng tinh thể và các kích thước hạt của tấm thép thu được bằng cách thực hiện xử lý nhiệt lần thứ hai sử dụng tấm thép theo phương án 1 hoặc 2 làm vật liệu (tức là, tấm thép điện không định hướng thu được bằng cách thực hiện xử lý nhiệt lần thứ nhất và sau đó thực hiện xử lý nhiệt lần thứ hai trên tấm thép điện không định hướng sau khi cán qua bề mặt hoặc tấm thép điện không định hướng thu được bằng cách thực hiện xử lý nhiệt lần thứ hai mà không xử lý nhiệt lần thứ nhất sau khi cán qua bề mặt) sẽ được mô tả.

[0079]

Trong tấm thép thu được bằng cách thực hiện xử lý nhiệt lần thứ hai (tấm thép điện không định hướng), diện tích của mỗi loại hạt được định hướng thỏa mãn các công thức (20) đến (22). Các quy định này khác nhau ở khoảng giá trị số so với các công thức (3) đến (5) liên quan đến tấm thép sau khi cán qua bề mặt được mô tả ở trên và công thức (10) đến (12) liên quan đến tấm thép sau khi chuyển vị biên gây ra do biến dạng bởi quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất. Cùng với sự chuyển vị biên

gây ra do biến dạng và quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai tiếp theo, các hạt được định hướng $\{100\}$ tiếp tục tăng trưởng, diện tích của chúng tăng, các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 chủ yếu bị xâm lấn bởi các hạt được định hướng $\{100\}$, và diện tích của chúng giảm.

$$S_{tyl}/S_{tot} < 0,55 \cdots (20)$$

$$S_{100}/S_{tot} > 0,30 \cdots (21)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,60 \cdots (22)$$

[0080]

Trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} được đặt nhỏ hơn 0,55. Tổng diện tích S_{tyl} có thể bằng 0. Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} được xác định là một trong những thông số biểu thị mức độ tiến triển của sự tăng trưởng của các hạt được định hướng $\{100\}$. Khi tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} là 0,55 trở lên, nó chỉ ra rằng các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor lớn hơn 2,8 mà cần bị xâm lấn trong giai đoạn chuyển vị biên gây ra do biến dạng không bị xâm lấn đủ. Trong trường hợp này, không cải thiện đủ các đặc điểm từ tính. Tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là 0,40 trở xuống và tốt hơn nữa là 0,30 trở xuống. Do tỷ lệ diện tích S_{tyl}/S_{tot} tốt hơn là càng nhỏ càng tốt, giới hạn dưới không được quy định và có thể là 0,00.

[0081]

Ngoài ra, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} được đặt lớn hơn 0,30. Khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} là 0,30 trở xuống, không cải thiện đủ các đặc điểm từ tính. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} tốt hơn là 0,40 trở lên và tốt hơn nữa là 0,50 trở lên. Trạng thái mà tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} là 1,00 là trạng thái tất cả các cấu trúc tinh thể là các hạt được định hướng $\{100\}$ và không có mặt các hạt được định hướng khác, và phương án cũng bao gồm trạng thái này.

[0082]

Tương tự các phương án 1 và 2, mối quan hệ giữa các hạt được định hướng mà được coi là cạnh tranh với các hạt được định hướng $\{100\}$ trong quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng và các hạt được định hướng $\{100\}$ cũng quan trọng. Trong trường hợp mà tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} đủ lớn, ngay cả trong tình trạng hạt phát triển bình thường sau khi chuyển vị biên gây ra do biến dạng, độ tăng trưởng vượt

trội của các hạt được định hướng {100} được đảm bảo, và các đặc điểm từ tính trở nên tốt hơn. Khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} này nhỏ hơn 0,60, các hạt được định hướng {100} không được phát triển đầy đủ bởi quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng, các hạt được định hướng có hệ số Taylor nhỏ khác với các hạt được định hướng {100} đã phát triển đến một mức độ đáng kể trong tình trạng hạt phát triển bình thường sau quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng, và tính dị hướng trong mặt phẳng của các đặc điểm từ tính cũng trở nên lớn. Do đó, trong phương án này, tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} được đặt từ 0,60 trở lên. Tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} tốt hơn là 0,70 trở lên và tốt hơn nữa là 0,80 trở lên. Mặt khác, giới hạn trên của tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tra} không cần phải giới hạn cụ thể, và các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor từ 2,8 trở xuống có thể là tất cả các hạt được định hướng {100}.

[0083]

Trong cấu trúc kim loại ở trạng thái mà sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng và sự phát triển hạt bình thường tiếp theo đã tiến triển đầy đủ và gần như toàn bộ biến dạng trong tấm thép cũng đã được giải phóng, các kích thước hạt trong mỗi định hướng tinh thể có ảnh hưởng đáng kể đến các đặc điểm từ tính. Các hạt được định hướng {100} mà được ưu tiên tăng trưởng tại thời điểm chuyển vị biên gây ra do biến dạng trở thành các hạt tinh thể thô ngay cả sau khi hạt phát triển bình thường. Trong phương án này, mối quan hệ giữa kích thước hạt trung bình được đặt sao cho thỏa mãn công thức (23) và công thức (24).

$$d_{100}/d_{ave} \geq 0,95 \cdots (23)$$

$$d_{100}/d_{tyl} \geq 0,95 \cdots (24)$$

[0084]

Những công thức này chỉ ra rằng kích thước hạt trung bình d_{100} của các hạt được định hướng {100} là 0,95 lần kích thước hạt trung bình của các hạt khác trở lên. Các tỷ lệ này ở công thức (23) và công thức (24) tốt hơn là 1,00 trở lên, tốt hơn nữa là 1,10 trở lên, và còn tốt hơn nữa là 1,20 trở lên. Giới hạn trên của các tỷ lệ này không bị giới hạn cụ thể. Mặc dù các hạt tinh thể khác ngoài các hạt được định hướng {100} cũng tăng trưởng trong quá trình hạt phát triển bình thường, tại thời điểm khi sự phát triển hạt bình thường bắt đầu, tức là, ở thời điểm khi quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng kết thúc, các hạt được định hướng {100} thô và

có cái gọi là lợi thế về kích thước. Do việc làm thô của hạt được định hướng {100} thuận lợi ngay cả trong quá trình phát triển hạt bình thường, các tỷ lệ được mô tả ở trên được giữ trong phạm vi đủ đặc trưng. Do đó, giới hạn trên thực tế xấp xỉ 10,00. Khi bất kỳ tỷ lệ nào trong số các tỷ lệ này vượt quá 10,00, hạt trở thành hạt kép, và vấn đề liên quan đến quá trình xử lý như việc đột dập xảy ra trong một số trường hợp.

[0085]

Hơn nữa, tốt hơn là cũng thỏa mãn công thức (25) liên quan đến kích thước hạt trung bình.

$$d_{100}/d_{tra} \geq 0,95 \cdots (25)$$

[0086]

Công thức này chỉ ra rằng kích thước hạt trung bình d_{100} của các hạt được định hướng {100}, là định hướng được ưu tiên phát triển, tương đối lớn. Tỷ lệ này ở công thức (25) tốt hơn nữa là 1,00 trở lên, còn tốt hơn nữa là 1,10 trở lên, và đặc biệt tốt là 1,20 trở lên. Giới hạn trên của tỷ lệ này không bị giới hạn cụ thể. Mặc dù các hạt tinh thể khác ngoài các hạt được định hướng {100} cũng tăng trưởng trong quá trình phát triển hạt bình thường, tại thời điểm sự phát triển hạt bình thường bắt đầu, tức là, tại thời điểm sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng kết thúc, các hạt được định hướng {100} thô và có cái gọi là lợi thế về kích thước. Do việc làm thô của hạt được định hướng {100} thuận lợi ngay cả trong quá trình phát triển hạt bình thường, các tỷ lệ được mô tả ở trên được giữ trong phạm vi đủ đặc trưng. Do đó, giới hạn trên thực tế xấp xỉ 10,00. Khi bất kỳ tỷ lệ nào trong số các tỷ lệ này vượt quá 10,00, hạt trở thành hạt kép, và vấn đề liên quan đến quá trình xử lý như việc đột dập xảy ra trong một số trường hợp.

[0087]

Ngoài ra, phạm vi của kích thước hạt trung bình không bị giới hạn cụ thể; tuy nhiên, khi kích thước hạt trung bình trở nên quá thô, các đặc điểm từ tính trở nên xấu đi là điều khó tránh khỏi. Do đó, tương tự phương án 2, kích thước hạt trung bình thực tế của các hạt được định hướng {100}, là những hạt tương đối thô trong phương án này, tốt hơn là đặt từ 500 μ m trở xuống. Kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng {100} tốt hơn nữa là 400 μ m trở xuống, còn tốt hơn nữa là 300 μ m trở xuống, và đặc biệt tốt là 200 μ m trở xuống. Mặt khác, liên quan đến giới

hạn dưới của kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$, với giả định về một trạng thái mà đảm bảo đủ mức tăng trưởng ưu tiên của định hướng $\{100\}$, kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ tốt hơn là $40\mu\text{m}$ trở lên, tốt hơn nữa là $60\mu\text{m}$ trở lên, và còn tốt hơn nữa là $80\mu\text{m}$ trở lên.

[0088]

Trong công thức (24), trong trường hợp mà không có các hạt tinh thể có định hướng tương ứng với mẫu số, việc đánh giá bằng giá trị số không được thực hiện trên công thức, và công thức được coi là thỏa mãn.

[0089]

[Các đặc tính]

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, do thành phần hóa học và cấu trúc kim loại được kiểm soát như mô tả ở trên, có thể thu được các đặc điểm từ tính vượt trội (độ tổn hao sắt thấp) ngay cả sau khi cắt.

Ngoài ra, trong trường hợp xem xét ứng dụng cho động cơ, tính dị hướng của tổn hao sắt tốt hơn là nhỏ. Do đó, $W15/50 (C)/W15/50(L)$, là tỷ lệ $W15/50$ theo hướng C (hướng chiều rộng) trên $W15/50$ theo hướng L (hướng cán), tốt hơn là nhỏ hơn 1,3.

[0090]

Phép đo từ có thể được thực hiện bằng phương pháp đo được mô tả trong JIS C 2550-1 (2011) và JIS C 2550-3 (2019) hoặc có thể được thực hiện bằng phương pháp đo được mô tả trong JIS C 2556 (2015). Ngoài ra, trong trường hợp mà mẫu nhỏ và không thể thực hiện được phép đo được mô tả trong JIS được mô tả ở trên, mạch điện từ có thể được đo bằng thiết bị có khả năng đo mẫu thử $55\text{ mm} \times 55\text{ mm}$ theo JIS C 2556 (2015) hoặc mẫu thử nhỏ hơn.

[0091]

[Phương pháp sản xuất]

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án sẽ được mô tả. Tấm thép điện không định hướng theo phương án thu được từ các bước sản xuất bao gồm bước cán nóng, bước ủ tấm cán nóng, bước cán nguội, bước ủ trung gian, và bước cán qua bề mặt.

Ngoài ra, tấm thép điện không định hướng khác theo phương án thu được từ các bước sản xuất bao gồm bước cán nóng, bước ủ tấm cán nóng, bước cán nguội, bước ủ trung gian, bước cán qua bề mặt, và quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất.

Ngoài ra, còn tấm thép điện không định hướng khác theo phương án thu được bằng phương pháp sản xuất bao gồm bước cán nóng, bước ủ tấm cán nóng, bước cán nguội, bước ủ trung gian, bước cán qua bề mặt, bước xử lý nhiệt thứ nhất mà được thực hiện khi cần thiết, và bước xử lý nhiệt thứ hai.

[0092]

[Bước cán nóng]

Đầu tiên, vật liệu thép có thành phần hóa học mô tả ở trên được gia nhiệt và cán nóng. Ví dụ, vật liệu thép là phôi dẹt mà được sản xuất bằng phương pháp đúc liên tục thông thường. Ví dụ, nhiệt độ gia nhiệt phôi dẹt trong quá trình cán nóng là khoảng 1150°C (1100°C đến 1200°C), nhiệt độ cán hoàn thiện là khoảng 850°C (750°C đến 950°C), và nhiệt độ cuộn là khoảng 600°C (500°C đến 700°C).

[0093]

[Bước ủ tấm cán nóng]

Sau đó, trên tấm thép sau khi cán nóng (tấm thép cán nóng), ví dụ, thực hiện ủ tấm cán nóng ở cao hơn 1000°C đến 1100°C trong 1 đến 100 giây. Khi nhiệt độ ủ tấm cán nóng là 1000°C hoặc thấp hơn, sự hình thành của các hạt được định hướng {111} được thúc đẩy hơn là các hạt được định hướng {100}, điều này gây khó khăn cho việc thu được kết cấu thích hợp.

[0094]

[Bước cán nguội]

Tiếp theo, thực hiện tẩy sạch và cán nguội trên tấm thép cán nóng. Trong quá trình cán nguội, độ giảm cán tốt hơn là đặt từ 90% đến 95%. Khi độ giảm cán nhỏ hơn 90%, số lượng các hạt được định hướng {111} có các đặc điểm từ tính kém tăng trong quá trình tái kết tinh.

[0095]

[Bước ủ trung gian]

Trên tấm thép sau khi cán nguội (tấm thép cán nguội), ủ trung gian được thực hiện. Trong phương án này, ví dụ, thực hiện ủ trung gian ở nhiệt độ 700°C đến 900°C trong 1 giây đến 100 giây. Khi kích thước hạt trước khi cán nguội là 200 μ m trở lên và thực hiện cán nguội ở độ giảm cán 90%, nhiều hạt được định hướng {100} được ưu tiên kết tinh lại trong cấu trúc cán. Khi nhiệt độ ủ trung gian quá thấp, tái kết tinh không xảy ra, các hạt được định hướng {100} không phát triển đủ, và có những trường hợp mà mật độ từ thông không trở nên cao. Ngoài ra, khi nhiệt độ ủ trung gian cao hơn 900°C, các hạt tinh thể trở nên quá lớn và ít có khả năng phát triển trong quá trình cán qua bề mặt và chuyển vị biên gây ra do biến dạng tiếp theo, và trở nên khó để tăng trưởng các hạt được định hướng {100}. Do đó, nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian tốt hơn là đặt từ 700°C đến 900°C.

[0096]

[Bước cán qua bề mặt]

Trên tấm thép sau khi ủ trung gian, cán qua bề mặt được thực hiện. Khi quá trình cán được thực hiện ở trạng thái mà số lượng của các hạt tinh thể {100} lớn như mô tả ở trên, các hạt tinh thể {100} phát triển hơn nữa. Độ giảm cán của quá trình cán qua bề mặt tốt hơn là 5% đến 25%.

[0097]

Trong trường hợp mà tấm thép điện không định hướng được tạo ra để có sự phân bố biến dạng như mô tả ở trên, khi độ giảm cán (%) của quá trình cán nguội được biểu thị bằng R_m , và độ giảm cán (%) tại thời điểm cán qua bề mặt được biểu thị bằng R_s , độ giảm cán của quá trình cán nguội và cán qua bề mặt tốt hơn nữa là được điều chỉnh sao cho thỏa mãn $90 < R_m < 95$ và $5 < R_s < 20$.

[0098]

[Bước xử lý nhiệt thứ nhất]

Sau đó, thực hiện xử lý nhiệt lần thứ nhất để thúc đẩy sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng. Xử lý nhiệt lần thứ nhất tốt hơn được thực hiện tại 700°C đến 950°C trong 1 giây đến 100 giây.

Khi nhiệt độ xử lý nhiệt thấp hơn 700°C, sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng không xảy ra. Ngoài ra, ở nhiệt độ cao hơn 950°C, không chỉ xảy ra chuyển vị

biên gây ra do biến dạng mà còn xảy ra sự phát triển hạt bình thường, và không thể thu được cấu trúc kim loại được mô tả trong phương án 2.

Ngoài ra, khi thời gian xử lý nhiệt (thời gian giữ) dài hơn 100 giây, hiệu quả sản xuất giảm đáng kể, điều này không thực tế. Do không dễ dàng để đặt thời gian giữ ngắn hơn 1 giây về mặt công nghiệp, thời gian giữ được đặt từ 1 giây hoặc dài hơn.

[0099]

[Bước xử lý nhiệt thứ hai]

Xử lý nhiệt lần thứ hai tốt hơn là được thực hiện trong 1 giây đến 100 giây trong khoảng nhiệt độ từ 950°C đến 1050°C hoặc được thực hiện lâu hơn 1000 giây trong khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 900°C. Xử lý nhiệt lần thứ hai có thể được thực hiện trên tấm thép sau bước cán qua bề mặt mà quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất được bỏ qua hoặc có thể được thực hiện trên tấm thép sau bước xử lý nhiệt lần thứ nhất.

Khi quá trình xử lý nhiệt được thực hiện trong phạm vi nhiệt độ mô tả ở trên trong thời gian mô tả ở trên, trong trường hợp mà bỏ qua xử lý nhiệt lần thứ nhất, sự phát triển hạt bình thường xảy ra sau quá trình chuyển vị biên gây ra do biến dạng, và, tùy theo điều kiện của quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất, có những trường hợp mà sự chuyển vị biên gây ra do biến dạng xảy ra trong quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai tiếp theo.

[0100]

Tấm thép điện không định hướng theo phương án có thể được sản xuất như mô tả ở trên. Tuy nhiên, phương pháp sản xuất này là một ví dụ của phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án và không giới hạn các phương pháp sản xuất.

[Các ví dụ]

[0101]

Tiếp theo, tấm thép điện không định hướng của sáng chế sẽ được mô tả cụ thể trong khi mô tả các ví dụ. Các ví dụ được mô tả dưới đây chỉ đơn giản là ví dụ về tấm thép điện không định hướng của sáng chế, và tấm thép điện không định hướng

theo sáng chế không bị giới hạn bởi các ví dụ sau.

[0102]

(Ví dụ thứ nhất)

Thép nóng chảy được đúc, từ đó tạo ra các thỏi có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1A dưới đây. Ở đây, cột “Vế trái của biểu thức (1)” chỉ ra các giá trị của vế trái của biểu thức (1) được mô tả ở trên. Sau đó, các thỏi được tạo ra được cán nóng bằng cách gia nhiệt đến 1150°C và được cán sao cho độ dày tấm trở thành giá trị như được thể hiện trong bảng 1B. Ngoài ra, sau khi kết thúc quá trình cán hoàn thiện, tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và cuộn lại. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) ở giai đoạn cán lần cuối của quá trình cán hoàn thiện tại thời điểm này là 830°C, và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C.

[0103]

Tiếp theo, việc ủ tấm cán nóng được thực hiện trên tấm thép cán nóng trong các điều kiện thể hiện ở bảng 1B trong 30 giây, căn được loại bỏ bằng cách ngâm, và thực hiện cán nguội tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 1B. Ngoài ra, ủ trung gian được thực hiện trong môi trường không oxy hóa ở 800°C trong 30 giây. Tiếp theo, thực hiện lần cán nguội thứ hai (cán qua bề mặt) ở độ giảm cán thể hiện trong bảng 1B. Mặc dù không được thể hiện trong bảng, kích thước hạt trung bình sau khi cán qua bề mặt nằm trong khoảng từ 25 đến 30 μ m.

[0104]

Tiếp theo, để nghiên cứu kết cấu, một phần của mỗi tấm thép được cắt ra, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống 1/2, và thực hiện quan sát EBSD (khoảng cách bước: 100nm) trên bề mặt đã được xử lý (mặt phẳng song song với bề mặt tấm thép) theo cách được mô tả ở trên. Các loại diện tích và giá trị KAM trung bình thu được bằng quan sát EBSD được thể hiện trong bảng 2.

[0105]

Ngoài ra, là quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai, việc ủ được thực hiện trên tấm thép ở 800°C trong 2 giờ. Từ mỗi tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, các mảnh mẫu có kích thước 55 mm $\times$ 55 mm được thu thập làm mẫu đo. Mẫu được thu thập bằng cách sử dụng máy cắt. Ngoài ra, là các đặc điểm từ tính, độ tổn hao sắt

W10/400 (giá trị trung bình của tổn thất năng lượng được tạo ra theo hướng cán và hướng chiều rộng trong mẫu thử trong quá trình kích thích ở mật độ từ thông tối đa là 1,0T và tần số 400 Hz), W15/50 (C) (giá trị của tổn thất năng lượng được tạo ra theo hướng chiều rộng trong mẫu thử trong quá trình kích thích ở mật độ từ thông tối đa là 1,5T và tần số 50 Hz), và W15/50 (L) (giá trị của tổn thất năng lượng được tạo ra theo hướng cán trong mẫu thử trong quá trình kích thích ở mật độ từ thông tối đa là 1,5T và tần số 50 Hz) được đo theo JIS C 2556 (2015).

Ngoài ra, W15/50 (C) chia cho W15/50 (L) để thu được W15/50 (C)/W15/50 (L).

Các kết quả đo được thể hiện ở bảng 2.

[0106]

[Bảng 1A]

Số thứ tự	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại là Fe và các tạp chất)																Vế trái của biểu thức (1)
	C	Si	sol. Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Cr	Mg	B	O	
101	0,0009	3,20	0,59	0,0019	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,58
102	0,0010	3,19	0,60	0,0021	0,0021	---	0,21	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59
103	0,0010	3,19	0,59	0,0020	0,0019	---	---	0,20	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,58
104	0,0010	3,20	0,61	0,0020	0,0021	---	---	---	0,20	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60
105	0,0009	3,20	0,59	0,0022	0,0021	---	---	---	---	0,20	---	---	0,003	---	---	---	-3,59
106	0,0009	3,21	0,59	0,0018	0,0016	---	---	---	---	---	0,19	---	0,003	---	---	---	-3,61
107	0,0011	3,19	0,60	0,0021	0,0022	---	---	---	---	---	---	0,19	0,004	---	---	---	-3,60
108	0,0010	2,01	0,31	0,0022	0,0024	2,40	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	0,09
109	0,0009	3,20	0,59	0,0019	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59
110	0,0009	3,20	0,61	0,0018	0,0017	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61
111	0,0011	3,21	0,59	0,0020	0,0020	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
112	0,0010	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,58
113	0,0009	3,19	0,59	0,0018	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,58
114	0,0011	3,19	0,60	0,0018	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
115	0,0008	3,19	0,60	0,0020	0,0016	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,57
116	0,0011	3,20	0,60	0,0019	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,60
117	0,0010	3,19	0,58	0,0018	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,56
118	0,0011	3,19	0,58	0,0017	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,57
119	0,0010	3,21	0,60	0,0020	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
120	0,0010	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,57
121	0,0008	3,21	0,60	0,0018	0,0016	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
122	0,0010	3,20	0,60	0,0018	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59
123	0,0009	3,20	0,60	0,0020	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60
124	0,0085	3,23	0,60	0,0017	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,62
125	0,0008	1,61	0,60	0,0020	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-1,99
126	0,0008	3,90	0,59	0,0017	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-4,28
127	0,0011	3,22	0,00	0,0021	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,00
128	0,0008	3,23	2,80	0,0018	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-5,81
129	0,0010	3,23	0,60	0,0003	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,62
130	0,0008	3,23	0,60	0,0090	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60
131	0,0011	3,22	0,60	0,0018	0,0093	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61
132	0,0008	3,23	0,61	0,0018	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	0,0005	---	---	-3,63
133	0,0008	3,22	0,61	0,0351	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	0,0093	---	---	-3,62
134	0,0009	3,22	0,60	0,0020	0,0018	0,22	---	---	---	---	---	---	0,001	---	---	---	-3,60
135	0,0008	3,22	0,61	0,0017	0,0020	0,23	---	---	---	---	---	---	0,094	---	---	---	-3,60
136	0,0009	3,23	0,61	0,0019	0,0022	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
137	0,0009	3,21	2,80	0,0018	0,0020	2,40	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,62
138	0,0008	3,19	0,59	0,0020	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	0,0002	---	-3,58
139	0,0009	3,19	0,60	0,0017	0,0016	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	0,0045	---	-3,58
140	0,0008	3,20	0,60	0,0018	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	0,0013	-3,58
141	0,0009	3,21	0,59	0,0018	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	0,0170	-3,58
142	0,0118	3,22	0,60	0,0020	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,62
143	0,0008	1,40	0,60	0,0018	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-1,80
144	0,0011	4,21	0,60	0,0017	0,0020	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-4,61
145	0,0009	3,23	4,20	0,0017	0,0020	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-7,23
146	0,0011	3,22	0,61	0,0450	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,62
147	0,0010	3,23	0,61	0,0019	0,0119	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,63
148	0,0008	3,23	0,60	0,0017	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,000	---	---	---	-3,62
149	0,0009	3,22	0,60	0,0018	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,119	---	---	---	-3,61
150	0,0010	3,22	0,61	0,0017	0,0018	2,60	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-1,24
151	0,0009	3,20	0,59	0,0017	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,58

[0107]

[Bảng 1B]

Số thứ tự	Sau khi cán nóng	Ủ tấm cán nóng	Độ giảm cán (%)		Ghi chú
	Độ dày tấm (mm)	Nhiệt độ ủ (°C)	Cán nguội	Cán qua bề mặt	
101	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
102	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
103	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
104	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
105	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
106	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
107	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
108	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
109	2,50	850	92	10	Ví dụ so sánh
110	1,33	850	85	10	Ví dụ so sánh
111	0,50	1050	60	10	Ví dụ so sánh
112	2,50	1050	92	3	Ví dụ so sánh
113	2,50	1050	92	15	Ví dụ sáng chế
114	2,50	1050	92	25	Ví dụ sáng chế
115	2,50	1002	92	10	Ví dụ sáng chế
116	2,50	1100	92	10	Ví dụ sáng chế
117	2,50	950	92	10	Ví dụ so sánh
118	2,50	1050	95	10	Ví dụ sáng chế
119	2,50	1050	97	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội	Ví dụ so sánh
120	2,50	1050	88	10	Ví dụ so sánh
121	2,50	1050	92	5	Ví dụ sáng chế
122	2,50	1100	95	20	Ví dụ sáng chế
123	2,50	1150	95	30	Ví dụ so sánh
124	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
125	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
126	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
127	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
128	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
129	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
130	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
131	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
132	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
133	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
134	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
135	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
136	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
137	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
138	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
139	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
140	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
141	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
142	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
143	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
144	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội	Ví dụ so sánh
145	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội	Ví dụ so sánh
146	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
147	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
148	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
149	2,50	1050	92	10	Ví dụ so sánh
150	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội	Ví dụ so sánh
151	2,50	1010	90	10	Ví dụ sáng chế

[0108]

[Bảng 2]

Số thứ tự	Kết quả quan sát EBSD sau khi cán qua bề mặt											Sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	K _{tyl}	K _{tra}	K ₁₀₀	K ₁₁₀	S _{tyl} / S _{tot}	S ₁₀₀ / S _{tot}	S ₁₀₀ / S _{tra}	K ₁₀₀ / K _{tyl}	K ₁₀₀ / K _{tra}	S ₁₀₀ / S ₁₁₀	K ₁₀₀ / K ₁₁₀	W10/400 (W/kg)	W15/50(C)/ W15/50(L)	
101	0,371	0,364	0,363	0,365	0,72	0,15	0,72	0,980	0,997	5,581	0,996	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
102	0,372	0,363	0,362	0,365	0,74	0,14	0,73	0,975	0,998	5,599	0,993	10,5	1,10	Ví dụ sáng chế
103	0,371	0,363	0,364	0,365	0,74	0,16	0,71	0,981	1,002	5,580	0,996	10,6	1,11	Ví dụ sáng chế
104	0,370	0,363	0,364	0,364	0,73	0,16	0,72	0,983	1,002	5,613	1,000	10,6	1,08	Ví dụ sáng chế
105	0,371	0,363	0,363	0,366	0,74	0,16	0,72	0,978	1,000	5,596	0,993	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
106	0,371	0,363	0,362	0,365	0,72	0,15	0,71	0,976	0,998	5,595	0,994	10,4	1,09	Ví dụ sáng chế
107	0,370	0,364	0,363	0,366	0,73	0,15	0,73	0,980	0,997	5,592	0,992	10,6	1,09	Ví dụ sáng chế
108	0,370	0,364	0,363	0,365	<u>0,89</u>	<u>0,03</u>	0,71	0,979	0,996	1,505	0,994	15,6	1,39	Ví dụ so sánh
109	0,372	0,363	0,363	0,365	<u>0,88</u>	0,15	0,72	0,978	0,999	5,582	0,994	12,2	1,39	Ví dụ so sánh
110	0,371	0,363	0,363	0,364	0,72	<u>0,02</u>	0,72	0,977	0,999	5,586	0,996	12,4	1,40	Ví dụ so sánh
111	0,371	0,364	0,364	0,364	0,73	0,16	<u>0,24</u>	0,980	1,001	0,287	0,998	12,3	1,39	Ví dụ so sánh
112	0,362	0,364	0,363	0,365	0,72	0,15	0,73	<u>1,003</u>	0,995	5,584	0,994	12,4	1,40	Ví dụ so sánh
113	0,371	0,355	0,365	0,366	0,73	0,14	0,72	0,985	1,027	5,607	0,998	11,3	1,12	Ví dụ sáng chế
114	0,371	0,366	0,362	0,357	0,73	0,15	0,72	0,976	0,990	5,602	1,015	11,2	1,13	Ví dụ sáng chế
115	0,370	0,365	0,365	0,364	0,72	0,14	0,72	0,987	1,001	5,580	1,003	10,7	1,07	Ví dụ sáng chế
116	0,371	0,364	0,361	0,365	0,72	0,16	0,72	0,975	0,993	5,582	0,991	10,4	1,08	Ví dụ sáng chế
117	0,370	0,362	0,362	0,365	<u>0,87</u>	0,14	0,72	0,979	0,999	5,582	0,990	12,0	1,42	Ví dụ so sánh
118	0,371	0,365	0,362	0,365	0,73	0,15	0,71	0,974	0,991	5,582	0,990	9,9	1,10	Ví dụ sáng chế
119	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội													Ví dụ so sánh
120	0,373	0,364	0,364	0,365	0,73	0,15	<u>0,23</u>	0,976	0,998	0,288	0,997	12,3	1,38	Ví dụ so sánh
121	0,369	0,365	0,361	0,365	0,73	0,15	0,73	0,980	0,990	5,579	0,991	10,6	1,11	Ví dụ sáng chế
122	0,371	0,365	0,362	0,364	0,23	0,74	0,72	0,975	0,992	5,580	0,994	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
123	0,370	0,365	0,364	0,365	<u>0,17</u>	<u>0,82</u>	0,72	0,984	0,996	5,582	0,998	12,4	1,38	Ví dụ so sánh
124	0,370	0,366	0,363	0,364	0,73	0,14	0,73	0,982	0,993	5,580	1,000	10,7	1,10	Ví dụ sáng chế
125	0,371	0,362	0,364	0,366	0,73	0,14	0,72	0,982	1,004	5,583	0,995	10,8	1,08	Ví dụ sáng chế
126	0,370	0,364	0,361	0,366	0,72	0,14	0,73	0,978	0,992	5,582	0,988	10,1	1,10	Ví dụ sáng chế
127	0,372	0,365	0,364	0,367	0,73	0,15	0,72	0,978	0,997	5,580	0,993	10,8	1,07	Ví dụ sáng chế
128	0,370	0,363	0,363	0,364	0,72	0,14	0,72	0,984	1,002	5,582	0,998	10,2	1,08	Ví dụ sáng chế
129	0,370	0,363	0,363	0,363	0,71	0,14	0,73	0,981	1,000	5,581	1,001	10,1	1,10	Ví dụ sáng chế
130	0,370	0,364	0,362	0,366	0,72	0,15	0,71	0,978	0,994	5,581	0,988	10,7	1,08	Ví dụ sáng

														chế
131	0,369	0,366	0,365	0,365	0,72	0,15	0,71	0,988	0,998	5,581	1,000	10,8	1,13	Ví dụ sáng chế
132	0,370	0,366	0,364	0,365	0,72	0,15	0,72	0,983	0,996	5,582	0,998	10,6	1,09	Ví dụ sáng chế
133	0,369	0,363	0,362	0,366	0,73	0,16	0,73	0,980	0,998	5,582	0,989	10,5	1,07	Ví dụ sáng chế
134	0,371	0,363	0,362	0,363	0,72	0,15	0,72	0,975	0,997	5,579	0,998	10,7	1,08	Ví dụ sáng chế
135	0,371	0,364	0,365	0,363	0,72	0,15	0,72	0,981	1,001	5,581	1,005	10,3	1,10	Ví dụ sáng chế
136	0,372	0,364	0,363	0,363	0,73	0,16	0,72	0,974	0,996	5,580	0,999	10,6	1,09	Ví dụ sáng chế
137	0,370	0,364	0,363	0,363	0,71	0,15	0,72	0,980	0,998	5,581	0,998	9,9	1,10	Ví dụ sáng chế
138	0,372	0,363	0,365	0,365	0,73	0,14	0,72	0,981	1,005	5,583	0,999	10,3	1,10	Ví dụ sáng chế
139	0,371	0,366	0,362	0,364	0,72	0,14	0,73	0,975	0,990	5,581	0,993	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
140	0,370	0,365	0,364	0,366	0,71	0,16	0,72	0,983	0,997	5,582	0,995	10,1	1,09	Ví dụ sáng chế
141	0,371	0,364	0,362	0,364	0,72	0,14	0,71	0,976	0,996	5,581	0,994	10,5	1,12	Ví dụ sáng chế
142	0,369	0,364	0,362	0,365	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,71	0,980	0,993	1,506	0,992	15,6	1,42	Ví dụ so sánh
143	0,370	0,365	0,363	0,366	<u>0,89</u>	<u>0,02</u>	0,71	0,982	0,996	1,504	0,992	15,6	1,39	Ví dụ so sánh
144	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội													Ví dụ so sánh
145	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội													Ví dụ so sánh
146	0,371	0,364	0,361	0,364	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,72	0,974	0,992	1,507	0,993	15,7	1,41	Ví dụ so sánh
147	0,369	0,366	0,363	0,364	<u>0,88</u>	<u>0,04</u>	0,72	0,985	0,993	1,505	0,999	15,7	1,42	Ví dụ so sánh
148	0,369	0,363	0,364	0,367	<u>0,89</u>	<u>0,02</u>	0,72	0,988	1,004	1,504	0,994	15,6	1,40	Ví dụ so sánh
149	0,369	0,364	0,362	0,364	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,72	0,981	0,994	1,506	0,993	15,6	1,40	Ví dụ so sánh
150	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội													Ví dụ so sánh
151	0,369	0,365	0,364	0,366	0,73	0,09	0,75	0,987	0,996	0,901	0,995	10,4	1,18	Ví dụ sáng chế

[0109]

Các giá trị được gạch chân trong bảng 1A, bảng 1B và bảng 2 chỉ ra các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Trong tất cả các ví dụ từ 101 đến 107, 113 đến 116, 118, 121, 122, 124 đến 141 và 151, là các ví dụ theo sáng chế, độ tổn hao sắt W10/400 là những giá trị thuận lợi.

Mặt khác, trong ví dụ số 108 là ví dụ so sánh, nồng độ Mn cao, và giá trị của vế trái của biểu thức (1) lớn hơn 0,00 (thành phần đã trải qua biến đổi α - γ), điều này làm cho mỗi tỷ lệ diện tích $S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}}$ và tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} lệch khỏi phạm vi của công thức (3) hoặc công thức (4). Kết quả là độ tổn hao sắt W10/400 cao.

Trong ví dụ số 109 đến 112, 117, 120 và 123 là các ví dụ so sánh, do ít nhất bất kỳ yếu tố nào trong nhiệt độ trong quá trình ủ tâm cán nóng, độ giảm cán trong

quá trình cán nguội, và độ giảm cán trong quá trình cán qua bề mặt không phải là tối ưu, bất kỳ công thức (3) đến công thức (6) không được thỏa mãn, và kết quả là độ tổn hao sắt W10/400 là cao.

Ngoài ra, trong ví dụ số 119 là ví dụ so sánh, do độ giảm cán của quá trình cán nguội quá cao, rạn nứt xảy ra, và không thể tiến hành các bước tiếp theo trong quá trình.

Trong các ví dụ từ số 142 đến 150, do các thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi của sáng chế, công thức (3) và công thức (4) không được thỏa mãn, và độ tổn hao sắt W10/400 trở nên cao hoặc rạn nứt xảy ra trong quá trình cán nguội.

[0110]

(Ví dụ thứ hai)

Thép nóng chảy được đúc, từ đó tạo ra các thỏi có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 3A. Ở đây, cột “Vế trái của biểu thức (1)” chỉ ra các giá trị của vế trái của biểu thức (1) được mô tả ở trên. Sau đó, các thỏi được tạo ra được cán nóng bằng cách gia nhiệt đến 1150°C và cán sao cho độ dày tấm trở thành giá trị như được thể hiện trong bảng 3B. Ngoài ra, sau khi kết thúc quá trình cán hoàn thiện, tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và cuộn lại. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) trong giai đoạn cán lần cuối của quá trình cán hoàn thiện ở thời điểm này là 830°C, và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C.

[0111]

Tiếp theo, thực hiện ủ tấm cán nóng trên tấm thép cán nóng trong những điều kiện được thể hiện trong bảng 3B trong 30 giây, cuộn được loại bỏ bằng cách ngâm, và thực hiện cán nguội tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 3B. Ngoài ra, thực hiện ủ trung gian trong môi trường không oxy hóa ở nhiệt độ ủ được thể hiện trong bảng 3B trong 30 giây. Tiếp theo, thực hiện cán nguội lần thứ hai (cán qua bề mặt) ở độ giảm cán được thể hiện trong bảng 3B.

[0112]

Để nghiên cứu kết cấu sau khi cán qua bề mặt, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và quan sát EBSD (khoảng cách bước: 100nm) được thực hiện trên bề mặt đã được xử lý theo

cách mô tả ở trên. S_{tyl}/S_{tot} , S_{100}/S_{tot} , S_{100}/S_{tra} , và K_{100}/K_{tyl} thu được từ diện tích và giá trị KAM trung bình của mỗi loại hạt được định hướng thu được bởi quan sát EBSD.

[0113]

Ngoài ra, trên tấm thép sau khi cán qua bề mặt, quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất được thực hiện trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 3B. Sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất, để nghiên cứu kết cấu, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và quan sát EBSD được thực hiện trên bề mặt được xử lý. Diện tích, giá trị KAM trung bình, và kích thước hạt trung bình của các loại được trình bày trong bảng 4 thu được bằng quan sát EBSD.

[0114]

Ngoài ra, là quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai, việc ủ được thực hiện trên tấm thép ở nhiệt độ 800°C trong 2 giờ. Từ mỗi tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, các mảnh mẫu có kích thước 55 mm × 55 mm được thu thập làm mẫu đo. Mẫu được thu thập bằng cách sử dụng máy cắt. Ngoài ra, là các đặc điểm từ tính, độ tổn hao sắt W10/400 (giá trị trung bình của hướng cán và hướng chiều rộng), W15/50 (C), và W15/50 (L) được đo theo cách tương tự như trong ví dụ thứ nhất, và thu được W15/50 (C)/W15/50 (L). Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 4.

[0115]

[Bảng 3A]

Số thứ tự	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại là Fe và các tạp chất)																Về trái của biểu thức (1)
	C	Si	sol. Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Cr	Mg	B	O	
201	0,0010	3,20	0,61	0,0017	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
202	0,0011	3,20	0,60	0,0020	0,0023	---	0,20	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
203	0,0010	3,19	0,60	0,0019	0,0018	---	---	0,20	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59
204	0,0011	3,20	0,59	0,0022	0,0023	---	---	---	0,19	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
205	0,0010	3,19	0,59	0,0021	0,0020	---	---	---	---	0,21	---	---	0,003	---	---	---	-3,58
206	0,0009	3,21	0,60	0,0019	0,0019	---	---	---	---	---	0,20	---	0,003	---	---	---	-3,61
207	0,0009	3,19	0,61	0,0022	0,0023	---	---	---	---	---	---	0,21	0,003	---	---	---	-3,59
208	0,0009	2,00	0,31	0,0020	0,0018	2,39	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	0,09
209	0,0011	3,21	0,60	0,0020	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
210	0,0011	3,20	0,59	0,0021	0,0024	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
211	0,0009	3,21	0,60	0,0018	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
212	0,0010	3,19	0,61	0,0019	0,0017	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
213	0,0010	3,20	0,60	0,0020	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
214	0,0011	3,21	0,59	0,0018	0,0021	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
215	0,0009	3,20	0,61	0,0018	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
216	0,0011	3,21	0,60	0,0018	0,0017	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
217	0,0008	3,19	0,60	0,0017	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59
218	0,0010	3,20	0,61	0,0016	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,60
220	0,0085	3,21	0,60	0,0017	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
221	0,0009	1,59	0,60	0,0017	0,0022	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-1,98
222	0,0008	3,91	0,60	0,0019	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-4,29
223	0,0010	3,22	0,00	0,0019	0,0022	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,00
224	0,0008	3,23	2,80	0,0017	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-5,81
225	0,0010	3,22	0,61	0,0004	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61
226	0,0010	3,23	0,60	0,0091	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
227	0,0010	3,21	0,61	0,0019	0,0093	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
228	0,0009	3,22	0,61	0,0020	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	0,0005	---	---	-3,61
229	0,0011	3,23	0,61	0,0349	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	0,0093	---	---	-3,62
230	0,0009	3,22	0,61	0,0020	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,001	---	---	---	-3,61
231	0,0009	3,22	0,61	0,0019	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,093	---	---	---	-3,61
232	0,0011	3,22	0,61	0,0019	0,0018	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
233	0,0008	3,23	2,80	0,0018	0,0020	2,40	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,63
234	0,0011	3,21	0,59	0,0020	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	0,0002	---	-3,59
235	0,0010	3,20	0,58	0,0020	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	0,0045	---	-3,57
236	0,0008	3,20	0,58	0,0019	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	0,0013	-3,58
237	0,0008	3,19	0,60	0,0018	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	0,0170	-3,58
238	0,0120	3,23	0,59	0,0020	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
239	0,0009	1,40	0,60	0,0018	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-1,79
240	0,0009	4,19	0,60	0,0017	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-4,58
241	0,0010	3,22	4,20	0,0018	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-7,21
242	0,0008	3,22	0,60	0,0451	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
243	0,0009	3,23	0,59	0,0019	0,0120	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61
244	0,0007	3,23	0,61	0,0019	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,000	---	---	---	-3,63
245	0,0010	3,22	0,61	0,0018	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,120	---	---	---	-3,62
246	0,0008	3,22	0,60	0,0019	0,0020	2,60	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-1,22
247	0,0011	3,21	0,61	0,0017	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
248	0,0010	3,21	0,60	0,0015	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
249	0,0012	3,20	0,60	0,0016	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59
250	0,0011	3,20	0,61	0,0017	0,0016	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61

[0116]

[Bảng 3B]

Số thứ tự	Sau khi cân nóng	Ủ tấm cán nóng	Độ giảm cân (%)		Ủ trung gian	Kết quả quan sát EBSD sau khi cán qua bề mặt				Xử lý nhiệt lần thứ nhất		Ghi chú
	Độ dày tấm (mm)	Nhiệt độ ủ (°C)	Cán nguội	Cán qua bề mặt	Nhiệt độ ủ (°C)	S_{700}/S_{tot}	S_{100}/S_{tot}	S_{100}/S_{700}	K_{100}/K_{700}	Nhiệt độ ủ (°C)	Thời gian ủ (s)	
201	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,15	0,73	0,983	800	30	Ví dụ sáng chế
202	2,50	1050	92	10	800	0,74	0,15	0,73	0,974	800	30	Ví dụ sáng chế
203	2,50	1050	92	10	800	0,74	0,15	0,72	0,984	800	30	Ví dụ sáng chế
204	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,72	0,983	800	30	Ví dụ sáng chế
205	2,50	1050	92	10	800	0,74	0,15	0,72	0,977	800	30	Ví dụ sáng chế
206	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,71	0,976	800	30	Ví dụ sáng chế
207	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,14	0,72	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
208	2,50	1050	92	10	800	0,89	0,03	0,72	0,981	800	30	Ví dụ so sánh
209	2,50	850	92	10	800	0,88	0,15	0,71	0,977	800	30	Ví dụ so sánh
210	1,33	850	85	10	800	0,72	0,01	0,71	0,974	800	30	Ví dụ so sánh
211	0,50	1050	60	10	800	0,73	0,15	0,24	0,978	800	30	Ví dụ so sánh
212	2,50	1050	92	3	800	0,73	0,14	0,72	1,002	800	30	Ví dụ so sánh
213	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,14	0,72	0,978	690	1	Ví dụ so sánh
214	2,50	1050	92	10	950	0,73	0,01	0,72	0,978	800	30	Ví dụ so sánh
215	2,50	1050	92	15	800	0,71	0,14	0,72	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
216	2,50	1050	92	25	800	0,73	0,16	0,72	0,977	800	30	Ví dụ sáng chế
217	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,14	0,73	0,980	750	30	Ví dụ sáng chế
218	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,73	0,979	950	30	Ví dụ sáng chế
220	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,14	0,73	0,980	800	30	Ví dụ sáng chế
221	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,16	0,73	0,982	800	30	Ví dụ sáng chế
222	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,72	0,982	800	30	Ví dụ sáng chế
223	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,72	0,980	800	30	Ví dụ sáng chế
224	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,72	0,977	800	30	Ví dụ sáng chế
225	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,71	0,982	800	30	Ví dụ sáng chế
226	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,73	0,980	800	30	Ví dụ sáng chế
227	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,14	0,73	0,982	800	30	Ví dụ sáng chế
228	2,50	1050	92	10	800	0,71	0,15	0,73	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
229	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,16	0,71	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
230	2,50	1050	92	10	800	0,71	0,15	0,73	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
231	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,73	0,978	800	30	Ví dụ sáng chế
232	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,15	0,73	0,983	800	30	Ví dụ sáng chế
233	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,73	0,982	800	30	Ví dụ sáng chế
234	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,14	0,71	0,979	800	30	Ví dụ sáng chế
235	2,50	1050	92	10	800	0,71	0,15	0,73	0,977	800	30	Ví dụ sáng chế
236	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,73	0,981	800	30	Ví dụ sáng chế
237	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,14	0,73	0,980	800	30	Ví dụ sáng chế
238	2,50	1050	92	10	800	0,90	0,02	0,71	0,980	800	30	Ví dụ so sánh
239	2,50	1050	92	10	800	0,89	0,04	0,71	0,982	800	30	Ví dụ so sánh
240	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
241	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
242	2,50	1050	92	10	800	0,89	0,02	0,71	0,977	800	30	Ví dụ so sánh
243	2,50	1050	92	10	800	0,88	0,03	0,71	0,979	800	30	Ví dụ so sánh
244	2,50	1050	92	10	800	0,90	0,03	0,72	0,977	800	30	Ví dụ so sánh
245	2,50	1050	92	10	800	0,89	0,02	0,72	0,978	800	30	Ví dụ so sánh
246	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
247	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,14	0,73	0,980	900	30	Ví dụ sáng chế
248	2,50	1050	92	10	800	0,72	0,15	0,71	0,979	720	30	Ví dụ sáng chế
249	1,80	1050	90	10	800	0,71	0,15	0,72	0,977	800	30	Ví dụ sáng chế
250	2,50	1050	92	10	800	0,73	0,14	0,73	0,981	800	5	Ví dụ sáng chế

[0117]

[Bảng 4]

Số thứ tự	Kết quả quan sát EBSD sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất														Xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	K _{tyl}	K _{tra}	K ₁₀₀	K ₁₁₀	S _{tyl} / S _{tot}	S ₁₀₀ / S _{tot}	S ₁₀₀ / S _{tra}	K ₁₀₀ / K _{tyl}	d ₁₀₀ / d _{ave}	d ₁₀₀ / d _{tyl}	K ₁₀₀ / K _{tra}	d ₁₀₀ / d _{tra}	S ₁₀₀ / S ₁₁₀	K ₁₀₀ / K ₁₁₀	W10/400 (W/kg)	W15/50(C)/ W15/50(L)	
201	0,208	0,204	0,200	0,201	0,64	0,28	0,85	0,962	1,30	1,49	0,982	1,09	6,79	0,994	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
202	0,208	0,205	0,201	0,201	0,65	0,29	0,84	0,968	1,30	1,50	0,984	1,11	6,81	1,001	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế
203	0,208	0,204	0,201	0,202	0,65	0,28	0,85	0,966	1,29	1,51	0,983	1,10	6,79	0,995	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
204	0,208	0,203	0,201	0,203	0,65	0,28	0,86	0,966	1,31	1,51	0,988	1,11	6,81	0,990	10,5	1,12	Ví dụ sáng chế
205	0,208	0,205	0,201	0,202	0,65	0,28	0,86	0,965	1,30	1,51	0,982	1,09	6,80	0,998	10,6	1,07	Ví dụ sáng chế
206	0,207	0,205	0,201	0,202	0,64	0,28	0,85	0,969	1,30	1,51	0,980	1,09	6,82	0,992	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
207	0,207	0,204	0,200	0,202	0,66	0,29	0,85	0,966	1,30	1,51	0,981	1,10	6,79	0,990	10,4	1,12	Ví dụ sáng chế
208	0,207	0,205	0,201	0,203	<u>0,88</u>	<u>0,04</u>	0,85	0,969	1,28	1,48	0,983	1,10	1,51	0,992	15,5	1,41	Ví dụ so sánh
209	0,208	0,204	0,201	0,201	<u>0,84</u>	0,29	0,84	0,968	1,28	1,49	0,988	1,09	6,80	0,999	12,4	1,41	Ví dụ so sánh
210	0,209	0,205	0,201	0,202	0,66	<u>0,02</u>	0,85	0,964	1,30	1,51	0,984	1,09	6,81	1,000	12,3	1,42	Ví dụ so sánh
211	0,208	0,204	0,201	0,201	0,65	0,28	<u>0,24</u>	0,963	1,30	1,51	0,985	1,09	0,30	0,995	12,3	1,41	Ví dụ so sánh
212	0,196	0,203	0,202	0,203	0,65	0,28	0,86	<u>1,028</u>	1,31	1,49	0,995	1,11	6,79	0,996	12,2	1,38	Ví dụ so sánh
213	0,209	0,204	0,200	0,203	0,64	0,28	0,85	0,959	<u>0,78</u>	1,51	0,979	1,11	6,80	0,986	12,4	1,41	Ví dụ so sánh
214	0,208	0,204	0,200	0,202	0,65	0,29	0,85	0,965	1,31	<u>0,90</u>	0,983	1,10	6,82	0,994	12,4	1,38	Ví dụ so sánh
215	0,207	0,204	0,201	0,202	0,65	0,28	0,84	0,970	1,30	1,49	0,984	1,08	6,81	0,994	11,3	1,08	Ví dụ sáng chế
216	0,209	0,204	0,200	0,201	0,65	0,27	0,86	0,957	1,31	1,50	0,981	1,10	6,80	0,995	11,3	1,08	Ví dụ sáng chế
217	0,211	0,205	0,202	0,200	0,65	0,29	0,85	0,958	1,29	1,49	0,985	1,10	6,78	1,009	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế
218	0,208	0,206	0,198	0,199	0,64	0,29	0,85	0,955	1,29	1,49	0,963	1,09	6,79	0,999	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
220	0,210	0,202	0,200	0,204	0,65	0,28	0,86	0,951	1,30	1,49	0,988	1,09	6,79	0,980	10,7	1,09	Ví dụ sáng chế
221	0,210	0,204	0,199	0,202	0,65	0,28	0,85	0,948	1,30	1,48	0,974	1,08	6,79	0,984	10,8	1,11	Ví dụ sáng chế
222	0,207	0,204	0,198	0,203	0,65	0,29	0,84	0,956	1,29	1,48	0,968	1,10	6,79	0,974	10,2	1,11	Ví dụ sáng chế
223	0,209	0,207	0,198	0,204	0,64	0,28	0,85	0,948	1,30	1,49	0,958	1,10	6,80	0,972	10,7	1,07	Ví dụ sáng chế
224	0,209	0,206	0,203	0,200	0,64	0,29	0,85	0,972	1,29	1,48	0,986	1,09	6,80	1,013	10,3	1,09	Ví dụ sáng chế
225	0,211	0,207	0,202	0,200	0,65	0,28	0,84	0,957	1,30	1,49	0,978	1,10	6,79	1,008	10,1	1,10	Ví dụ sáng chế
226	0,207	0,203	0,201	0,199	0,64	0,28	0,85	0,968	1,29	1,48	0,990	1,10	6,79	1,006	10,8	1,10	Ví dụ sáng chế
227	0,207	0,207	0,199	0,200	0,64	0,29	0,85	0,961	1,29	1,49	0,962	1,10	6,79	0,995	10,9	1,07	Ví dụ sáng chế
228	0,208	0,201	0,200	0,199	0,65	0,28	0,84	0,964	1,30	1,49	0,994	1,10	6,79	1,005	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
229	0,206	0,203	0,199	0,200	0,65	0,28	0,84	0,965	1,30	1,48	0,981	1,10	6,78	0,994	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế
230	0,206	0,201	0,199	0,201	0,65	0,29	0,85	0,965	1,29	1,49	0,986	1,09	6,79	0,990	10,5	1,10	Ví dụ sáng chế
231	0,206	0,204	0,199	0,204	0,65	0,29	0,85	0,967	1,30	1,49	0,976	1,09	6,79	0,976	10,1	1,07	Ví dụ sáng chế
232	0,206	0,207	0,201	0,202	0,65	0,28	0,85	0,975	1,29	1,50	0,972	1,09	6,78	0,994	10,5	1,12	Ví dụ sáng chế
233	0,209	0,207	0,199	0,198	0,65	0,28	0,84	0,955	1,29	1,48	0,964	1,09	6,79	1,005	9,9	1,11	Ví dụ sáng chế
234	0,207	0,201	0,202	0,203	0,64	0,29	0,85	0,978	1,30	1,49	1,006	1,09	6,79	0,999	10,1	1,11	Ví dụ sáng chế
235	0,210	0,202	0,198	0,202	0,64	0,28	0,85	0,946	1,30	1,49	0,981	1,09	6,80	0,983	10,6	1,07	Ví dụ sáng chế

236	0,208	0,205	0,203	0,202	0,65	0,28	0,85	0,975	1,29	1,49	0,990	1,09	6,79	1,006	10,3	1,12	Ví dụ sáng chế
237	0,206	0,204	0,198	0,201	0,65	0,27	0,86	0,963	1,29	1,50	0,973	1,10	6,80	0,983	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế
238	0,206	0,208	0,199	0,204	<u>0,87</u>	<u>0,04</u>	0,86	0,965	1,27	1,48	0,959	1,10	1,52	0,974	15,5	1,42	Ví dụ so sánh
239	0,205	0,206	0,200	0,204	<u>0,88</u>	<u>0,04</u>	0,85	0,973	1,29	1,49	0,967	1,11	1,51	0,977	15,6	1,41	Ví dụ so sánh
240	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội																Ví dụ so sánh
241	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội																Ví dụ so sánh
242	0,208	0,205	0,198	0,205	<u>0,87</u>	<u>0,04</u>	0,86	0,953	1,28	1,48	0,967	1,10	1,51	0,968	15,6	1,38	Ví dụ so sánh
243	0,206	0,206	0,199	0,200	<u>0,88</u>	<u>0,05</u>	0,85	0,967	1,29	1,48	0,964	1,11	1,51	0,992	15,6	1,39	Ví dụ so sánh
244	0,206	0,206	0,200	0,205	<u>0,87</u>	<u>0,03</u>	0,84	0,972	1,29	1,47	0,970	1,10	1,50	0,977	15,5	1,42	Ví dụ so sánh
245	0,208	0,207	0,200	0,203	<u>0,88</u>	<u>0,04</u>	0,85	0,964	1,29	1,49	0,969	1,11	1,52	0,987	15,6	1,37	Ví dụ so sánh
246	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội																Ví dụ so sánh
247	0,210	0,198	0,202	0,201	0,64	0,28	0,84	0,962	1,30	1,50	1,017	1,10	6,81	1,002	10,4	1,20	Ví dụ sáng chế
248	0,205	0,204	0,201	0,203	0,65	0,28	0,84	0,980	1,31	1,49	0,988	0,99	6,80	0,993	10,4	1,23	Ví dụ sáng chế
249	0,206	0,201	0,201	0,200	0,50	0,20	0,84	0,977	1,30	1,50	0,999	1,09	0,98	1,006	10,5	1,22	Ví dụ sáng chế
250	0,207	0,204	0,199	0,197	0,66	0,29	0,84	0,962	1,30	1,49	0,973	1,10	6,79	1,008	10,4	1,23	Ví dụ sáng chế

[0118]

Các giá trị được gạch chân trong bảng 3A, bảng 3B, và bảng 4 chỉ ra các điều kiện lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Trong tất cả các ví dụ từ số 201 đến 207, 215 đến 237, và 247 đến 250, là các ví dụ sáng chế, độ tổn hao sắt W10/400 là các giá trị thuận lợi.

Mặt khác, trong ví dụ số 208 là ví dụ so sánh, nồng độ Mn cao, và giá trị của vế trái của biểu thức (1) lớn hơn 0,00 (thành phần trái qua biến đổi α - γ), điều này làm cho mỗi tỷ lệ diện tích $S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}}$ và tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{tot} lệch khỏi phạm vi của công thức (10) hoặc công thức (11). Kết quả là, độ tổn hao sắt W10/400 cao. Trong ví dụ số 209 đến 214, là các ví dụ so sánh, do ít nhất bất kỳ yếu tố nào trong nhiệt độ trong quá trình ủ tấm cán nóng, nhiệt độ trong quá trình ủ trung gian, độ giảm cán trong quá trình cán nguội, độ giảm cán trong quá trình cán qua bề mặt, và nhiệt độ trong quá trình xử lý nhiệt lần thứ nhất không phải là tối ưu, bất kỳ công thức nào trong số các công thức từ (10) đến (15) đều không được thỏa mãn, và kết quả là, độ tổn hao sắt W10/400 cao.

Ngoài ra, trong ví dụ số 238 đến 246, là các ví dụ so sánh, do thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi của sáng chế, công thức (10) và công thức (11) không được thỏa mãn, và độ tổn hao sắt W10/400 trở nên cao hoặc rạn nứt xảy ra trong quá trình cán nguội.

[0119]

(Ví dụ thứ ba)

Thép nóng chảy được đúc, từ đó tạo ra các thỏi có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 5A. Ở đây, cột “Về trái của biểu thức (1)” chỉ ra các giá trị của vế trái của biểu thức (1) được mô tả ở trên. Sau đó, các thỏi được tạo ra được cán nóng bằng cách gia nhiệt đến 1150°C và được cán sao cho độ dày tấm trở thành các giá trị được thể hiện trong bảng 5B. Ngoài ra, sau khi kết thúc quá trình cán hoàn thiện, tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và cuộn lại. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) trong giai đoạn cán lần cuối của quá trình cán hoàn thiện ở thời điểm này là 830°C , và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C .

[0120]

Tiếp theo, ủ tấm cán nóng được thực hiện trên tấm thép cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 5B trong 30 giây, cuộn được loại bỏ bằng cách ngâm, và cán nguội được thực hiện tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 5B. Ngoài ra, ủ trung gian được thực hiện trong môi trường không oxy hóa tại 800°C trong 30 giây. Tiếp theo, thực hiện cán nguội lần thứ hai (cán qua bề mặt) tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 5B.

[0121]

Để nghiên cứu kết cấu sau khi cán qua bề mặt, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và thực hiện quan sát EBSD (khoảng cách bước: 100 nm) trên bề mặt đã được xử lý theo cách mô tả ở trên. $S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}}$, S_{100}/S_{tot} , S_{100}/S_{tra} , và K_{100}/K_{tyl} thu được từ diện tích và giá trị KAM trung bình của mỗi loại hạt được định hướng thu được bởi quan sát EBSD.

[0122]

Ngoài ra, trên tấm thép sau khi cán qua bề mặt, xử lý nhiệt lần thứ hai được thực hiện trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 5B mà không xử lý nhiệt lần thứ nhất. Sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, để nghiên cứu kết cấu, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt được xử lý. Diện tích và kích thước hạt trung bình của mỗi loại được trình bày trong bảng 6 thu được bằng quan sát EBSD.

[0123]

Ngoài ra, sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, từ mỗi tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, các mảnh mẫu có kích thước 55 mm × 55 mm được thu thập làm mẫu đo. Mẫu được thu thập bằng cách sử dụng máy cắt. Ngoài ra, là các đặc điểm từ tính, độ tổn hao sắt W10/400 (giá trị trung bình của hướng cán và hướng chiều rộng), W15/50 (C), và W15/50 (L) được đo theo cách tương tự như trong ví dụ thứ nhất, và thu được W15/50 (C)/W15/50 (L). Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 6.

[0124]

[Bảng 5A]

Số thứ tự	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại là Fe và các tạp chất)																Vết trái của biểu thức (1)
	C	Si	sol. Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Cr	Mg	B	O	
301	0,0010	3,21	0,59	0,0020	0,0020	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
302	0,0010	3,20	0,61	0,0022	0,0021	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
303	0,0009	3,20	0,60	0,0020	0,0020	---	0,20	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
304	0,0009	3,20	0,60	0,0021	0,0021	---	---	0,21	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60
305	0,0010	3,21	0,61	0,0021	0,0023	---	---	---	0,21	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61
306	0,0009	3,20	0,59	0,0019	0,0020	---	---	---	---	0,20	---	---	0,004	---	---	---	-3,60
307	0,0011	3,21	0,60	0,0022	0,0022	---	---	---	---	---	0,20	---	0,003	---	---	---	-3,61
308	0,0010	3,20	0,60	0,0021	0,0023	---	---	---	---	---	---	0,21	0,004	---	---	---	-3,59
309	0,0009	2,00	0,31	0,0018	0,0019	2,41	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	0,10
310	0,0009	3,19	0,60	0,0017	0,0017	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
311	0,0011	3,21	0,59	0,0019	0,0022	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
312	0,0009	3,20	0,59	0,0020	0,0021	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,60
313	0,0010	3,20	0,59	0,0018	0,0017	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
314	0,0010	3,21	0,59	0,0020	0,0020	0,19	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61
315	0,0012	3,20	0,60	0,0018	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60
316	0,0083	3,22	0,61	0,0017	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
317	0,0010	1,60	0,60	0,0018	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-1,99
318	0,0010	3,91	0,61	0,0018	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-4,29
319	0,0010	3,22	0,01	0,0017	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,01
320	0,0008	3,21	2,80	0,0019	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-5,80
321	0,0009	3,22	0,60	0,0006	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61
322	0,0008	3,23	0,60	0,0092	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,61
323	0,0008	3,21	0,60	0,0020	0,0093	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61
324	0,0008	3,22	0,60	0,0017	0,0021	0,23	---	---	---	---	---	---	0,004	0,0005	---	---	-3,59
325	0,0008	3,23	0,61	0,0351	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	0,0091	---	---	-3,62
326	0,0009	3,22	0,61	0,0018	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,001	---	---	---	-3,63
327	0,0008	3,22	0,60	0,0020	0,0018	0,22	---	---	---	---	---	---	0,093	---	---	---	-3,60
328	0,0011	3,23	0,60	0,0017	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,62
329	0,0008	3,21	2,80	0,0018	0,0022	2,40	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,62
330	0,0010	3,21	0,59	0,0019	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	0,0002	---	-3,60
331	0,0011	3,20	0,59	0,0020	0,0018	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	0,0044	---	-3,58
332	0,0011	3,21	0,59	0,0020	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	0,0016	-3,58
333	0,0008	3,19	0,59	0,0018	0,0017	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	0,0169	-3,57
334	0,0120	3,22	0,60	0,0019	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61
335	0,0010	1,40	0,60	0,0020	0,0019	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-1,78
336	0,0008	4,21	0,60	0,0018	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-4,61
338	0,0010	3,22	4,19	0,0018	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-7,20
339	0,0008	3,22	0,61	0,0451	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,62
340	0,0011	3,22	0,61	0,0020	0,0121	0,20	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,63
341	0,0008	3,23	0,61	0,0017	0,0022	0,21	---	---	---	---	---	---	0,000	---	---	---	-3,63
342	0,0010	3,22	0,59	0,0019	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,121	---	---	---	-3,60
343	0,0008	3,21	0,60	0,0018	0,0021	2,60	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-1,21
344	0,0011	3,21	0,58	0,0020	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60

[0125]

[Bảng 5B]

Số thứ tự	Sau khi cán nóng	Ủ tấm cán nóng	Độ giảm cán (%)		Kết quả quan sát EBSD sau khi cán qua bề mặt				Xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	Độ dày tấm (mm)	Nhiệt độ ủ (°C)	Cán nguội	Cán qua bề mặt	$S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}}$	S_{100}/S_{tot}	S_{100}/S_{tra}	K_{100}/K_{tyl}	Nhiệt độ ủ (°C)	Thời gian ủ (s)	
301	2,50	1050	92	10	0,72	0,15	0,72	0,977	1050	30	Ví dụ sáng chế
302	2,50	1050	92	10	0,72	0,16	0,72	0,981	800	7200	Ví dụ sáng chế
303	2,50	1050	92	10	0,73	0,15	0,73	0,975	1050	30	Ví dụ sáng chế
304	2,50	1050	92	10	0,74	0,16	0,72	0,982	1050	30	Ví dụ sáng chế
305	2,50	1050	92	10	0,73	0,15	0,72	0,986	1050	30	Ví dụ sáng chế
306	2,50	1050	92	10	0,74	0,16	0,72	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
307	2,50	1050	92	10	0,73	0,16	0,70	0,978	1050	30	Ví dụ sáng chế
308	2,50	1050	92	10	0,72	0,15	0,73	0,979	1050	30	Ví dụ sáng chế
309	2,50	1050	92	10	0,90	0,03	0,72	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
310	2,50	850	92	10	0,88	0,15	0,71	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
311	1,33	850	85	10	0,72	0,02	0,71	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
312	0,50	1050	60	10	0,73	0,15	0,24	0,981	1050	30	Ví dụ so sánh
313	1,33	850	85	15	0,73	0,01	0,71	0,978	1050	30	Ví dụ so sánh
314	1,33	850	85	20	0,73	0,02	0,72	0,979	1050	30	Ví dụ so sánh
315	1,33	850	85	25	0,72	0,01	0,72	0,978	1050	30	Ví dụ so sánh
316	2,50	1050	92	10	0,73	0,16	0,73	0,977	1050	30	Ví dụ sáng chế
317	2,50	1050	92	10	0,72	0,15	0,72	0,978	1050	30	Ví dụ sáng chế
318	2,50	1050	92	10	0,71	0,14	0,72	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
319	2,50	1050	92	10	0,73	0,16	0,73	0,979	1050	30	Ví dụ sáng chế
320	2,50	1050	92	10	0,73	0,14	0,72	0,978	1050	30	Ví dụ sáng chế
321	2,50	1050	92	10	0,73	0,15	0,72	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
322	2,50	1050	92	10	0,73	0,14	0,73	0,978	1050	30	Ví dụ sáng chế
323	2,50	1050	92	10	0,71	0,14	0,71	0,982	1050	30	Ví dụ sáng chế
324	2,50	1050	92	10	0,73	0,14	0,72	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
325	2,50	1050	92	10	0,72	0,14	0,72	0,981	1050	30	Ví dụ sáng chế
326	2,50	1050	92	10	0,73	0,14	0,72	0,981	1050	30	Ví dụ sáng chế
327	2,50	1050	92	10	0,72	0,15	0,71	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
328	2,50	1050	92	10	0,71	0,15	0,71	0,979	1050	30	Ví dụ sáng chế
329	2,50	1050	92	10	0,72	0,14	0,73	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
330	2,50	1050	92	10	0,72	0,15	0,72	0,978	1050	30	Ví dụ sáng chế
331	2,50	1050	92	10	0,71	0,15	0,73	0,980	1050	30	Ví dụ sáng chế
332	2,50	1050	92	10	0,73	0,15	0,72	0,981	1050	30	Ví dụ sáng chế
333	2,50	1050	92	10	0,73	0,16	0,71	0,982	1050	30	Ví dụ sáng chế
334	2,50	1050	92	10	0,89	0,03	0,72	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
335	2,50	1050	92	10	0,88	0,02	0,71	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
336	2,50	1050	92	Xây ra rạn nứt trong quá trình cán nguội							Ví dụ so sánh
338	2,50	1050	92	Xây ra rạn nứt trong quá trình cán nguội							Ví dụ so sánh
339	2,50	1050	92	10	0,90	0,03	0,72	0,982	1050	30	Ví dụ so sánh
340	2,50	1050	92	10	0,88	0,02	0,71	0,981	1050	30	Ví dụ so sánh
341	2,50	1050	92	10	0,88	0,03	0,72	0,977	1050	30	Ví dụ so sánh
342	2,50	1050	92	10	0,89	0,04	0,72	0,982	1050	30	Ví dụ so sánh
343	2,50	1050	92	Xây ra rạn nứt trong quá trình cán nguội							Ví dụ so sánh
344	2,50	1050	92	10	0,71	0,14	0,73	0,977	970	30	Ví dụ sáng chế

[0126]

[Bảng 6]

Số thứ tự	Kết quả quan sát EBSD sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai						Xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	S_{tyl}/S_{tot}	S_{100}/S_{tot}	S_{100}/S_{tra}	d_{100}/d_{ave}	d_{100}/d_{tyl}	d_{100}/d_{tra}	W10/400 (W/kg)	W15/50(C)/W15/50(L)	
301	0,46	0,34	0,77	1,02	1,04	0,98	10,6	1,09	Ví dụ sáng chế
302	0,44	0,35	0,76	1,02	1,05	0,98	10,5	1,12	Ví dụ sáng chế
303	0,44	0,35	0,73	1,02	1,05	0,98	10,4	1,09	Ví dụ sáng chế
304	0,43	0,36	0,74	1,02	1,04	0,98	10,6	1,13	Ví dụ sáng chế
305	0,45	0,37	0,76	1,03	1,04	0,98	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
306	0,45	0,37	0,75	1,03	1,04	0,98	10,6	1,08	Ví dụ sáng chế
307	0,43	0,36	0,77	1,03	1,04	0,99	10,5	1,10	Ví dụ sáng chế
308	0,47	0,36	0,75	1,01	1,04	0,98	10,5	1,13	Ví dụ sáng chế
309	0,85	0,02	0,76	1,02	1,03	0,98	15,5	1,39	Ví dụ so sánh
310	0,81	0,33	0,74	1,01	1,04	0,99	12,3	1,42	Ví dụ so sánh
311	0,46	0,04	0,74	1,02	1,05	0,99	12,2	1,43	Ví dụ so sánh
312	0,46	0,15	0,25	1,03	1,05	0,99	12,3	1,39	Ví dụ so sánh
313	0,77	0,13	0,75	0,94	1,03	0,98	12,3	1,40	Ví dụ so sánh
314	0,76	0,13	0,73	1,03	0,93	0,98	12,2	1,40	Ví dụ so sánh
315	0,76	0,13	0,76	1,01	1,05	0,93	12,2	1,41	Ví dụ so sánh
316	0,47	0,36	0,78	1,01	1,04	0,98	10,8	1,08	Ví dụ sáng chế
317	0,45	0,34	0,78	1,00	1,04	0,98	10,8	1,08	Ví dụ sáng chế
318	0,46	0,33	0,75	1,03	1,02	0,98	10,2	1,11	Ví dụ sáng chế
319	0,45	0,34	0,79	1,03	1,05	0,98	10,8	1,13	Ví dụ sáng chế
320	0,48	0,36	0,76	1,02	1,03	0,98	10,2	1,08	Ví dụ sáng chế
321	0,44	0,35	0,76	1,03	1,02	0,99	10,2	1,08	Ví dụ sáng chế
322	0,46	0,35	0,78	1,04	1,06	0,99	10,8	1,10	Ví dụ sáng chế
323	0,47	0,33	0,76	1,02	1,02	0,99	10,8	1,10	Ví dụ sáng chế
324	0,44	0,36	0,79	1,03	1,05	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
325	0,48	0,36	0,78	1,00	1,03	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
326	0,47	0,35	0,76	1,03	1,05	0,98	10,6	1,08	Ví dụ sáng chế
327	0,45	0,35	0,77	1,03	1,04	0,98	10,2	1,10	Ví dụ sáng chế
328	0,46	0,33	0,78	1,02	1,02	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
329	0,47	0,33	0,77	1,03	1,02	0,99	9,9	1,12	Ví dụ sáng chế
330	0,47	0,36	0,76	1,00	1,03	0,98	10,2	1,10	Ví dụ sáng chế
331	0,44	0,33	0,78	1,02	1,03	0,99	10,5	1,12	Ví dụ sáng chế
332	0,44	0,36	0,77	1,00	1,06	0,98	10,2	1,10	Ví dụ sáng chế
333	0,48	0,34	0,78	1,01	1,04	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
334	0,86	0,01	0,75	1,03	1,03	0,99	15,5	1,38	Ví dụ so sánh
335	0,86	0,01	0,76	1,01	1,02	0,99	15,5	1,38	Ví dụ so sánh
336	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
338	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
339	0,85	0,03	0,75	1,03	1,05	0,98	15,5	1,40	Ví dụ so sánh
340	0,84	0,00	0,75	1,00	1,03	0,99	15,5	1,41	Ví dụ so sánh
341	0,85	0,00	0,76	1,02	1,05	0,98	15,5	1,40	Ví dụ so sánh
342	0,85	0,02	0,75	1,03	1,05	0,99	15,5	1,41	Ví dụ so sánh
343	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
344	0,45	0,35	0,79	1,00	1,03	0,93	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế

[0127]

Các giá trị được gạch chân trong bảng 5A, bảng 5B, và bảng 6 chỉ ra các điều kiện lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Trong tất cả các ví dụ từ số 301 đến 308, 316 đến 333, và 344, là các ví dụ sáng chế, độ tổn hao sắt W10/400 là các giá trị thuận lợi.

Mặt khác, trong ví dụ số 309 là ví dụ so sánh, nồng độ Mn cao, và giá trị của vế trái của biểu thức (1) lớn hơn 0,00 (thành phần trải qua biến đổi α - γ), điều này

làm cho mỗi giá trị S_{tyl}/S_{tot} và S_{100}/S_{tot} lệch khỏi phạm vi của công thức (20) hoặc công thức (21). Kết quả là, độ tổn hao sắt W10/400 cao.

Trong các ví dụ số 310 đến 315 là các ví dụ so sánh, do nhiệt độ trong quá trình ủ tấm cán nóng và/hoặc độ giảm cán trong quá trình cán nguội không phải là tối ưu, ít nhất một trong số các công thức từ công thức (20) đến công thức (24) không được thỏa mãn, và kết quả là độ tổn hao sắt W10/400 cao.

Ngoài ra, trong ví dụ số 334 đến 343, là các ví dụ so sánh, do các thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi của sáng chế, công thức (20) và công thức (21) không được thỏa mãn, và độ tổn hao sắt W10/400 trở nên cao hoặc rạn nứt xảy ra trong quá trình cán nguội.

[0128]

(Ví dụ thứ tư)

Thép nóng chảy được đúc, từ đó tạo ra các thỏi có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 7A. Ở đây, cột “Vế trái của biểu thức (1)” chỉ ra các giá trị của vế trái của biểu thức (1) được mô tả ở trên. Sau đó, các thỏi được tạo ra được cán nóng bằng cách gia nhiệt đến 1150°C và được cán sao cho độ dày tấm trở thành các giá trị được thể hiện trong bảng 7B. Ngoài ra, sau khi kết thúc quá trình cán hoàn thiện, tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và cuộn lại. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) trong giai đoạn cán lần cuối của quá trình cán hoàn thiện ở thời điểm này là 830°C, và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C.

[0129]

Tiếp theo, thực hiện ủ tấm cán nóng trên tấm thép cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 7B trong 30 giây, căn được loại bỏ bằng cách ngâm, và cán nguội được thực hiện tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 7B. Ngoài ra, ủ trung gian được thực hiện trong môi trường không oxy hóa tại 800°C trong 30 giây. Tiếp theo, thực hiện cán nguội lần thứ hai (cán qua bề mặt) tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 7B.

[0130]

Tiếp theo, thực hiện xử lý nhiệt lần thứ nhất trong các điều kiện 800°C và 30 giây.

Sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất, để nghiên cứu kết cấu, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và thực hiện quan sát EBSD (khoảng cách bước: 100 nm) trên bề mặt được xử lý. Diện tích, giá trị KAM trung bình, và kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng thu được bằng quan sát EBSD, và thu được S_{tyl}/S_{tot} , S_{100}/S_{tot} , S_{100}/S_{tra} , K_{100}/K_{tyl} , d_{100}/d_{ave} , và d_{100}/d_{tyl} .

[0131]

Ngoài ra, trên các tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất, quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai được thực hiện trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 7B. Sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, để nghiên cứu kết cấu, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt được xử lý. Diện tích và kích thước hạt trung bình của các loại được trình bày trong bảng 8 thu được bằng quan sát EBSD.

[0132]

Ngoài ra, sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, từ mỗi tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, các mảnh mẫu có kích thước 55 mm × 55 mm được thu thập làm mẫu đo. Mẫu được thu thập bằng cách sử dụng máy cắt. Ngoài ra, là các đặc điểm từ tính, độ tổn hao sắt W10/400 (giá trị trung bình của hướng cán và hướng chiều rộng), W15/50 (C), và W15/50 (L) được đo theo cách tương tự như trong ví dụ thứ nhất, và thu được W15/50 (C)/W15/50 (L). Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 8.

[0133]

[Bảng 7A]

Số thứ tự	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại là Fe và các tạp chất)																	Vế trái của biểu thức (1)
	C	Si	sol. Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Cr	Mg	B	O		
401	0,0009	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
402	0,0011	3,20	0,60	0,0023	0,0021	0,19	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61	
403	0,0010	3,20	0,61	0,0021	0,0022	---	0,20	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60	
404	0,0010	3,21	0,61	0,0021	0,0021	---	---	0,21	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,61	
405	0,0009	3,21	0,61	0,0020	0,0023	---	---	---	0,19	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,62	
406	0,0008	3,20	0,60	0,0018	0,0017	---	---	---	---	0,21	---	---	0,004	---	---	---	-3,60	
407	0,0011	3,20	0,60	0,0020	0,0021	---	---	---	---	---	0,20	---	0,002	---	---	---	-3,60	
408	0,0010	3,20	0,61	0,0022	0,0020	---	---	---	---	---	---	0,19	0,003	---	---	---	-3,62	
409	0,0009	2,00	0,32	0,0020	0,0018	2,40	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	0,08	
410	0,0010	3,20	0,61	0,0018	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,61	
411	0,0010	3,19	0,60	0,0022	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,60	
412	0,0010	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
413	0,0010	3,20	0,60	0,0018	0,0020	0,19	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60	
414	0,0010	3,19	0,60	0,0020	0,0022	0,20	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,60	
415	0,0011	3,20	0,60	0,0017	0,0016	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
416	0,0009	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
417	0,0009	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
418	0,0009	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
419	0,0009	3,19	0,59	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
420	0,0010	3,20	0,60	0,0018	0,0020	0,19	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,60	
421	0,0085	3,23	0,61	0,0021	0,0020	0,23	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
422	0,0009	1,59	0,59	0,0021	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
423	0,0008	3,90	0,60	0,0018	0,0018	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
424	0,0009	3,22	0,00	0,0020	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
425	0,0011	3,23	2,81	0,0019	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
426	0,0008	3,22	0,60	0,0005	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
427	0,0009	3,22	0,61	0,0093	0,0021	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
428	0,0009	3,23	0,61	0,0017	0,0093	0,21	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
429	0,0008	3,23	0,60	0,0018	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	0,0005	---	---	-3,59	
430	0,0008	3,22	0,60	0,0348	0,0018	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	0,0094	---	---	-3,59	
431	0,0009	3,23	0,61	0,0018	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,001	---	---	---	-3,59	
432	0,0007	3,22	0,59	0,0019	0,0018	0,23	---	---	---	---	---	---	0,094	---	---	---	-3,59	
433	0,0011	3,23	0,61	0,0020	0,0022	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
434	0,0011	3,22	2,79	0,0018	0,0021	2,40	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
435	0,0009	3,20	0,60	0,0019	0,0017	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	0,0002	---	-3,59	
436	0,0011	3,20	0,59	0,0017	0,0018	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	0,0043	---	-3,59	
437	0,0010	3,20	0,59	0,0020	0,0019	0,20	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	0,0013	-3,59	
438	0,0008	3,19	0,60	0,0018	0,0017	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	0,0169	-3,59	
439	0,0122	3,22	0,61	0,0019	0,0020	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
440	0,0010	1,40	0,60	0,0019	0,0021	0,22	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
441	0,0010	4,20	0,60	0,0020	0,0019	0,21	---	---	---	---	---	---	0,002	---	---	---	-3,59	
442	0,0008	3,21	4,19	0,0017	0,0021	0,20	---	---	---	---	---	---	0,004	---	---	---	-3,59	
443	0,0009	3,21	0,60	0,0450	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
444	0,0011	3,23	0,60	0,0017	0,0119	0,21	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
445	0,0010	3,22	0,60	0,0017	0,0022	0,21	---	---	---	---	---	---	0,000	---	---	---	-3,59	
446	0,0011	3,23	0,60	0,0020	0,0020	0,22	---	---	---	---	---	---	0,120	---	---	---	-3,59	
447	0,0011	3,23	0,60	0,0020	0,0019	2,59	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	
448	0,0010	3,20	0,58	0,0018	0,0021	0,20	---	---	---	---	---	---	0,003	---	---	---	-3,59	

[0134]

[Bảng 7B]

Số thứ tự	Sau khi cán nóng	Ủ tấm cán nóng	Độ giảm cán (%)		Kết quả quan sát EBSD sau khi xử lý nhiệt lần thứ nhất						Xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	Độ dày tấm (mm)	Nhiệt độ ủ (°C)	Cán nguội	Cán qua bề mặt	S_{tyl}/S_{tot}	S_{100}/S_{tot}	S_{100}/S_{tra}	K_{100}/K_{tyl}	d_{100}/d_{ave}	d_{100}/d_{tyl}	Nhiệt độ ủ (°C)	Thời gian ủ (s)	
401	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,959	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
402	2,50	1050	92	10	0,65	0,27	0,85	0,959	1,30	1,49	800	7200	Ví dụ sáng chế
403	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,84	0,969	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
404	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,85	0,964	1,29	1,51	1050	30	Ví dụ sáng chế
405	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,86	0,966	1,31	1,50	1050	30	Ví dụ sáng chế
406	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,86	0,964	1,30	1,52	1050	30	Ví dụ sáng chế
407	2,50	1050	92	10	0,65	0,29	0,86	0,966	1,29	1,51	1050	30	Ví dụ sáng chế
408	2,50	1050	92	10	0,66	0,29	0,85	0,968	1,29	1,50	1050	30	Ví dụ sáng chế
409	2,50	1050	92	10	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,85	0,969	1,28	1,49	1050	30	Ví dụ so sánh
410	2,50	850	92	10	<u>0,85</u>	0,28	0,84	0,968	1,28	1,48	1050	30	Ví dụ so sánh
411	1,33	850	85	10	0,66	<u>0,02</u>	0,85	0,964	1,30	1,51	1050	30	Ví dụ so sánh
412	0,50	1050	60	10	0,66	0,29	<u>0,25</u>	0,961	1,31	1,51	1050	30	Ví dụ so sánh
413	1,33	850	85	15	0,64	0,28	0,85	<u>1,030</u>	1,31	1,49	1050	30	Ví dụ so sánh
414	1,33	850	85	20	0,65	0,27	0,85	0,961	<u>0,79</u>	1,51	1050	30	Ví dụ so sánh
415	1,33	850	85	25	0,64	0,28	0,84	0,967	1,30	<u>0,90</u>	1050	30	Ví dụ so sánh
416	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,86	0,961	1,30	1,49	<u>940</u>	30	Ví dụ so sánh
417	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,85	0,961	1,29	1,49	<u>1070</u>	30	Ví dụ so sánh
418	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,85	0,960	1,30	1,48	<u>680</u>	7200	Ví dụ so sánh
419	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,963	1,30	1,48	<u>930</u>	7200	Ví dụ so sánh
420	1,33	850	84	15	0,65	0,28	0,86	<u>1,029</u>	1,31	1,49	1050	30	Ví dụ so sánh
421	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,962	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
422	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,85	0,961	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
423	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,84	0,959	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế

424	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,84	0,963	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế
425	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,84	0,961	1,30	1,50	1050	30	Ví dụ sáng chế
426	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,960	1,30	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế
427	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,86	0,963	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế
428	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,85	0,959	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
429	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,85	0,963	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
430	2,50	1050	92	10	0,65	0,29	0,85	0,962	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
431	2,50	1050	92	10	0,64	0,28	0,84	0,959	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
432	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,85	0,964	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
433	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,86	0,962	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế
434	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,86	0,959	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
435	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,959	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
436	2,50	1050	92	10	0,65	0,29	0,85	0,961	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
437	2,50	1050	92	10	0,65	0,28	0,85	0,964	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế
438	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,84	0,963	1,30	1,49	1050	30	Ví dụ sáng chế
439	2,50	1050	92	10	<u>0,88</u>	<u>0,04</u>	0,86	0,972	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ so sánh
440	2,50	1050	92	10	<u>0,89</u>	<u>0,04</u>	0,84	0,970	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ so sánh
441	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
442	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
443	2,50	1050	92	10	<u>0,89</u>	<u>0,04</u>	0,85	0,972	1,28	1,47	1050	30	Ví dụ so sánh
444	2,50	1050	92	10	<u>0,89</u>	<u>0,03</u>	0,85	0,968	1,28	1,48	1050	30	Ví dụ so sánh
445	2,50	1050	92	10	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,86	0,967	1,28	1,48	1050	30	Ví dụ so sánh
446	2,50	1050	92	10	<u>0,88</u>	<u>0,03</u>	0,85	0,968	1,29	1,49	1050	30	Ví dụ so sánh
447	2,50	1050	92	Xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội									Ví dụ so sánh
448	2,50	1050	92	10	0,64	0,29	0,85	0,959	1,29	1,48	1050	30	Ví dụ sáng chế

[0135]

[Bảng 8]

Số thứ tự	Kết quả quan sát EBSD sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai						Xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	$S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}}$	S_{100}/S_{tot}	S_{100}/S_{tra}	d_{100}/d_{ave}	d_{100}/d_{tyl}	d_{100}/d_{tra}	W10/400 (W/kg)	W15/50(C)/W15/50(L)	
401	0,43	0,35	0,74	1,03	1,04	0,98	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
402	0,44	0,35	0,74	1,02	1,04	0,98	10,6	1,10	Ví dụ sáng chế
403	0,44	0,34	0,76	1,01	1,03	0,98	10,5	1,10	Ví dụ sáng chế
404	0,46	0,33	0,74	1,03	1,04	0,99	10,5	1,08	Ví dụ sáng chế
405	0,44	0,34	0,77	1,02	1,04	0,99	10,4	1,12	Ví dụ sáng chế
406	0,45	0,35	0,76	1,02	1,05	0,99	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
407	0,45	0,37	0,75	1,02	1,05	0,99	10,6	1,12	Ví dụ sáng chế
408	0,43	0,37	0,73	1,02	1,03	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
409	<u>0,82</u>	<u>0,05</u>	0,73	1,02	1,04	0,99	15,6	1,38	Ví dụ so sánh
410	<u>0,81</u>	0,35	0,74	1,02	1,03	0,98	12,4	1,43	Ví dụ so sánh
411	0,47	<u>0,02</u>	0,74	1,02	1,04	0,98	12,3	1,41	Ví dụ so sánh
412	0,44	<u>0,18</u>	<u>0,25</u>	1,02	1,04	0,98	12,4	1,40	Ví dụ so sánh
413	<u>0,76</u>	<u>0,13</u>	0,75	0,95	1,04	0,98	12,2	1,38	Ví dụ so sánh
414	<u>0,74</u>	<u>0,11</u>	0,73	1,03	<u>0,93</u>	0,99	12,3	1,38	Ví dụ so sánh
415	<u>0,74</u>	<u>0,12</u>	0,75	1,01	1,03	0,92	12,4	1,41	Ví dụ so sánh
416	<u>0,82</u>	<u>0,05</u>	0,73	1,02	1,04	0,99	15,6	1,42	Ví dụ so sánh
417	<u>0,81</u>	0,35	0,74	1,02	1,03	0,98	12,4	1,40	Ví dụ so sánh
418	<u>0,82</u>	<u>0,05</u>	0,73	1,02	1,04	0,99	15,6	1,38	Ví dụ so sánh
419	<u>0,81</u>	0,35	0,74	1,02	1,03	0,98	12,4	1,39	Ví dụ so sánh
420	<u>0,76</u>	<u>0,13</u>	0,75	<u>0,94</u>	1,04	0,98	12,2	1,43	Ví dụ so sánh
421	0,43	0,34	0,73	1,02	1,04	0,98	10,5	1,13	Ví dụ sáng chế
422	0,43	0,34	0,75	1,03	1,04	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
423	0,44	0,35	0,74	1,03	1,05	0,98	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
424	0,43	0,36	0,75	1,03	1,04	0,98	10,4	1,12	Ví dụ sáng chế
425	0,43	0,35	0,73	1,04	1,05	0,97	10,6	1,10	Ví dụ sáng chế
426	0,43	0,34	0,73	1,02	1,04	0,98	10,5	1,08	Ví dụ

									sáng chế
427	0,44	0,35	0,73	1,03	1,04	0,99	10,6	1,13	Ví dụ sáng chế
428	0,44	0,34	0,74	1,03	1,04	0,99	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
429	0,43	0,36	0,73	1,03	1,04	0,98	10,5	1,11	Ví dụ sáng chế
430	0,43	0,34	0,74	1,02	1,04	0,98	10,4	1,12	Ví dụ sáng chế
431	0,43	0,34	0,73	1,02	1,05	0,98	10,5	1,07	Ví dụ sáng chế
432	0,43	0,34	0,73	1,03	1,04	0,98	10,5	1,13	Ví dụ sáng chế
433	0,43	0,35	0,73	1,03	1,05	0,98	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
434	0,44	0,35	0,73	1,02	1,04	0,98	10,4	1,12	Ví dụ sáng chế
435	0,43	0,35	0,74	1,03	1,04	0,98	10,6	1,09	Ví dụ sáng chế
436	0,43	0,35	0,75	1,03	1,05	0,97	10,4	1,10	Ví dụ sáng chế
437	0,44	0,34	0,73	1,02	1,04	0,99	10,5	1,09	Ví dụ sáng chế
438	0,43	0,34	0,73	1,03	1,05	0,99	10,4	1,13	Ví dụ sáng chế
439	<u>0,83</u>	<u>0,05</u>	0,74	1,03	1,03	0,98	15,5	1,41	Ví dụ so sánh
440	<u>0,81</u>	<u>0,04</u>	0,74	1,01	1,04	0,99	15,6	1,38	Ví dụ so sánh
441	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
442	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
443	<u>0,82</u>	<u>0,05</u>	0,74	1,01	1,03	0,98	15,6	1,37	Ví dụ so sánh
444	<u>0,82</u>	<u>0,05</u>	0,74	1,02	1,04	0,99	15,7	1,42	Ví dụ so sánh
445	<u>0,83</u>	<u>0,04</u>	0,74	1,01	1,03	0,98	15,6	1,43	Ví dụ so sánh
446	<u>0,81</u>	<u>0,04</u>	0,74	1,02	1,04	0,99	15,7	1,42	Ví dụ so sánh
447	Không đánh giá do xảy ra rạn nứt trong quá trình cán nguội								Ví dụ so sánh
448	0,44	0,35	0,73	1,02	1,05	0,94	10,6	1,21	Ví dụ sáng chế

[0136]

Các giá trị được gạch chân trong bảng 7A, bảng 7B, và bảng 8 chỉ ra các điều kiện lệch khỏi phạm vi của sáng chế. Trong tất cả các ví dụ từ số 401 đến 408, 421 đến 438 và 448, là các ví dụ sáng chế, độ tổn hao sắt W10/400 là các giá trị thuận lợi.

Mặt khác, trong ví dụ số 409 là ví dụ so sánh, nồng độ Mn cao, và giá trị của vế trái của biểu thức (1) lớn hơn 0,00 (thành phần trái qua biến đổi α - γ), điều này

làm cho mỗi giá trị S_{tyl}/S_{tot} và S_{100}/S_{tot} lệch khỏi phạm vi của công thức (20) hoặc công thức (21). Kết quả là, độ tổn hao sắt W10/400 cao. Trong ví dụ số 410 đến 420 là các ví dụ so sánh, do nhiệt độ trong quá trình ủ tấm cán nóng và/hoặc độ giảm cán trong quá trình cán nguội không phải là tối ưu, ít nhất một trong số các công thức từ công thức (20) đến công thức (24) không được thỏa mãn, và kết quả là độ tổn hao sắt W10/400 cao.

Ngoài ra, trong ví dụ số 439 đến 447 là các ví dụ so sánh, do các thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi của sáng chế, công thức (20) và công thức (21) không được thỏa mãn, và độ tổn hao sắt W10/400 trở nên cao hoặc rạn nứt xảy ra trong quá trình cán nguội.

[0137]

(Ví dụ thứ năm)

Thép nóng chảy được đúc, từ đó tạo ra các thỏi có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 9A. Ở đây, cột “Vế trái của biểu thức (1)” chỉ ra các giá trị của vế trái của biểu thức (1) được mô tả ở trên. Sau đó, các thỏi được tạo ra được cán nóng bằng cách gia nhiệt đến 1150°C và được cán sao cho độ dày tấm trở thành các giá trị được thể hiện trong bảng 9B. Ngoài ra, sau khi kết thúc quá trình cán hoàn thiện, tấm thép cán nóng được làm nguội bằng nước và cuộn lại. Nhiệt độ (nhiệt độ kết thúc) trong giai đoạn cán lần cuối của quá trình cán hoàn thiện ở thời điểm này là 830°C, và nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C.

[0138]

Tiếp theo, thực hiện ủ tấm cán nóng trên tấm thép cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 9B trong 30 giây, căn được loại bỏ bằng cách ngâm, và cán nguội được thực hiện tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 9B. Ngoài ra, ủ trung gian được thực hiện trong môi trường không oxy hóa tại 800°C trong 30 giây. Tiếp theo, cán nguội lần thứ hai (cán qua bề mặt) được thực hiện tại độ giảm cán được thể hiện trong bảng 9B.

[0139]

Tiếp theo, để nghiên cứu kết cấu, người ta cắt một phần của mỗi tấm thép, mẫu thử đã cắt được xử lý để giảm độ dày xuống còn 1/2, và thực hiện quan sát

EBSD (khoảng cách bước: 100 nm) trên bề mặt được xử lý. Diện tích và giá trị KAM trung bình của các loại được trình bày trong bảng 8 thu được bằng quan sát EBSD.

[0140]

Ngoài ra, là quá trình xử lý nhiệt lần thứ hai, việc ủ được thực hiện trên tấm thép ở nhiệt độ 800°C trong 2 giờ. Từ mỗi tấm thép sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai, các mảnh mẫu có kích thước 55 mm × 55 mm được thu thập làm mẫu đo. Mẫu được thu thập bằng cách sử dụng máy cắt. Ngoài ra, là các đặc điểm từ tính, độ tổn hao sắt W10/400 (giá trị trung bình của hướng cán và hướng chiều rộng), W15/50 (C), và W15/50 (L) được đo theo cách tương tự như trong ví dụ thứ nhất, và thu được W15/50 (C)/W15/50 (L). Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 10.

[0141]

[Bảng 9A]

Số thứ tự	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại là Fe và các tạp chất)																				Vết trái của biểu thức (1)
	C	Si	sol. Al	S	N	Mn	Sn	Sb	P	Cr	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	La	Nd	Pr	Zn	Cd	
501	0,0010	3,20	0,59	0,0017	0,0019	0,19	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,60
502	0,0010	3,20	0,59	0,0023	0,0022	0,20	0,05	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,59
503	0,0011	3,21	0,60	0,0022	0,0020	0,20	---	0,05	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,62
504	0,0009	3,21	0,60	0,0021	0,0021	0,21	---	---	0,05	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,61
505	0,0009	3,21	0,60	0,0021	0,0021	0,20	---	---	---	0,003	0,0051	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,61
506	0,0009	3,20	0,61	0,0017	0,0019	0,19	---	---	---	0,003	---	0,0047	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,61
507	0,0011	3,19	0,59	0,0022	0,0020	0,19	---	---	---	0,003	---	---	0,0047	---	---	---	---	---	---	---	-3,59
508	0,0010	3,21	0,61	0,0023	0,0020	0,19	---	---	---	0,003	---	---	---	0,0052	---	---	---	---	---	---	-3,62
509	0,0009	3,19	0,59	0,0020	0,0019	0,20	---	---	---	0,003	---	---	---	---	0,0051	---	---	---	---	---	-3,58
510	0,0010	3,20	0,60	0,0018	0,0019	0,20	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	0,0053	---	---	---	---	-3,61
511	0,0012	3,21	0,60	0,0019	0,0019	0,19	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	0,0051	---	---	---	-3,61
512	0,0010	3,19	0,60	0,0020	0,0021	0,20	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	0,0053	---	---	-3,60
513	0,0009	3,21	0,60	0,0017	0,0019	0,20	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0049	---	-3,61
514	0,0010	3,21	0,60	0,0021	0,0021	0,21	---	---	---	0,003	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0051	-3,60
515	0,0010	3,20	0,59	0,0017	0,0019	0,19	---	---	---	0,093	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	-3,60

[0142]

[Bảng 9B]

Số thứ tự	Sau khi cán nóng	Ủ tấm cán nóng	Độ giảm cán (%)		Ghi chú
	Độ dày tấm (mm)		Nhiệt độ ủ (°C)	Cán nguội	Cán qua bề mặt
501	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
502	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
503	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
504	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
505	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
506	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
507	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
508	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
509	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
510	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
511	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
512	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
513	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
514	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế
515	2,50	1050	92	10	Ví dụ sáng chế

[0143]

[Bảng 10]

Số thứ tự	Kết quả quan sát EBSD sau khi cán qua bề mặt											Sau khi xử lý nhiệt lần thứ hai		Ghi chú
	K _{tyl}	K _{tra}	K ₁₀₀	K ₁₁₀	S _{tyl} /S _{tot}	S ₁₀₀ /S _{tot}	S ₁₀₀ /S _{tra}	K ₁₀₀ /K _{tyl}	K ₁₀₀ /K _{tra}	S ₁₀₀ /S ₁₁₀	K ₁₀₀ /K ₁₁₀	W10/400 (W/kg)	W15/50(C)/W15/50(L)	
501	0,371	0,364	0,363	0,364	0,72	0,14	0,71	0,979	0,997	5,61	0,996	10,5	1,10	Ví dụ sáng chế
502	0,370	0,365	0,363	0,365	0,69	0,21	0,77	0,980	0,996	7,09	0,996	10,3	1,07	Ví dụ sáng chế
503	0,371	0,364	0,364	0,364	0,67	0,21	0,77	0,980	0,999	7,09	0,998	10,3	1,09	Ví dụ sáng chế
504	0,372	0,365	0,362	0,364	0,69	0,22	0,78	0,975	0,993	7,11	0,995	10,4	1,11	Ví dụ sáng chế
505	0,370	0,364	0,364	0,365	0,74	0,14	0,72	0,982	0,999	5,59	0,996	10,1	1,12	Ví dụ sáng chế
506	0,371	0,365	0,362	0,364	0,73	0,14	0,73	0,978	0,994	5,60	0,994	10,2	1,13	Ví dụ sáng chế
507	0,371	0,364	0,363	0,365	0,73	0,15	0,73	0,977	0,996	5,59	0,994	10,2	1,11	Ví dụ sáng chế
508	0,372	0,363	0,363	0,365	0,72	0,16	0,73	0,976	0,999	5,60	0,995	10,2	1,13	Ví dụ sáng chế
509	0,371	0,365	0,363	0,364	0,73	0,16	0,73	0,978	0,994	5,60	0,996	10,2	1,11	Ví dụ sáng chế
510	0,371	0,363	0,363	0,366	0,74	0,15	0,72	0,976	0,998	5,59	0,992	10,2	1,07	Ví dụ sáng chế
511	0,371	0,365	0,362	0,366	0,72	0,14	0,73	0,976	0,993	5,59	0,991	10,0	1,08	Ví dụ sáng chế
512	0,371	0,364	0,363	0,365	0,72	0,16	0,71	0,977	0,997	5,61	0,995	10,2	1,12	Ví dụ sáng chế
513	0,372	0,364	0,363	0,365	0,73	0,15	0,71	0,977	0,998	5,59	0,995	10,0	1,10	Ví dụ sáng chế
514	0,371	0,365	0,362	0,366	0,72	0,14	0,71	0,977	0,994	5,59	0,991	10,0	1,08	Ví dụ sáng chế
515	0,371	0,367	0,362	0,365	0,73	0,14	0,71	0,977	0,988	5,61	0,993	10,4	1,11	Ví dụ sáng chế

[0144]

Trong tất cả các ví dụ từ số 501 đến 515, là các ví dụ sáng chế, công thức (3) đến công thức (9) được thỏa mãn, và tổn hao sắt W10/400 là các giá trị thuận lợi.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

[0145]

Theo sáng chế, do diện tích và tỷ lệ diện tích của các định hướng tinh thể cụ thể trong mặt cắt song song với bề mặt tấm thép là thích hợp, có thể thu được các đặc điểm từ tính vượt trội ngay cả sau khi cắt. Do đó, sáng chế có khả năng ứng dụng cao trong công nghiệp.

Đơn này yêu cầu hưởng quyền ưu tiên từ đơn sáng chế Nhật Bản số 2021-046004, nộp ngày 19 tháng 3 năm 2021, nội dung của nó được đưa vào đây bằng cách viện dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép điện không định hướng, bao gồm các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si: 1,50% đến 4,00%;

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%;

C: 0,0100% trở xuống;

sol. Al: 4,00% trở xuống;

S: 0,0400% trở xuống;

N: 0,0100% trở xuống;

Sn: 0,00% đến 0,40%;

Sb: 0,00% đến 0,40%;

P: 0,00% đến 0,40%;

Cr: 0,001% đến 0,100%;

B: 0,0000% đến 0,0050%;

O: 0,0000% đến 0,0200%;

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

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], công thức (1) được thỏa mãn; và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các

hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng K_{100} , và giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng K_{tyl} , công thức từ (3) đến (6) được thỏa mãn,

$$([Mn] + [Ni] + [Co] + [Pt] + [Pb] + [Cu] + [Au]) - ([Si] + [sol. Al]) \leq 0,00\% \dots (1)$$

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \dots (2)$$

$$0,20 \leq S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,85 \dots (3)$$

$$0,05 \leq S_{100}/S_{tot} \leq 0,80 \dots (4)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,50 \dots (5)$$

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 0,990 \dots (6)$$

ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

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

trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng K_{tra} , công thức (7) được thỏa mãn,

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \dots (7).$$

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

trong đó, trong trường hợp mà diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng S_{110} , công thức (8) được thỏa mãn,

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \dots (8)$$

ở đây, người ta cho rằng công thức (8) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

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

trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng {110} được biểu thị bằng K_{110} , công thức (9) được thỏa mãn,

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \dots (9).$$

5. Tấm thép điện không định hướng bao gồm các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si: 1,50% đến 4,00%;

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%;

C: 0,0100% trở xuống;

sol. Al: 4,00% trở xuống;

S: 0,0400% trở xuống;

N: 0,0100% trở xuống;

Sn: 0,00% đến 0,40%;

Sb: 0,00% đến 0,40%;

P: 0,00% đến 0,40%;

Cr: 0,001% đến 0,100%;

B: 0,0000% đến 0,0050%;

O: 0,0000% đến 0,0200%;

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

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], công thức (1) được thỏa mãn; và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng K_{100} , giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng K_{tyl} , kích thước hạt trung bình trong vùng quan sát được biểu thị bằng d_{ave} , kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng d_{100} , và kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng d_{tyl} , công thức (10) đến (15) được thỏa mãn,

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

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \dots (2)$$

$$S_{tyl}/S_{tot} \leq 0,70 \dots (10)$$

$$0,20 \leq S_{100}/S_{tot} \dots (11)$$

$$S_{100}/S_{tra} \geq 0,55 \dots (12)$$

$$K_{100}/K_{tyl} \leq 1,010 \dots (13)$$

$$d_{100}/d_{ave} > 1,00 \dots (14)$$

$$d_{100}/d_{tyl} > 1,00 \dots (15)$$

ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

6. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 5,

trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng K_{tra} , công thức (16) được thỏa mãn,

$$K_{100}/K_{tra} < 1,010 \dots (16).$$

7. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 5 hoặc 6,

trong đó, trong trường hợp mà kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng d_{tra} , công thức (17) được thỏa mãn,

$$d_{100}/d_{tra} > 1,00 \cdots (17).$$

8. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7,

trong đó, trong trường hợp mà diện tích của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng S_{110} , công thức (18) được thỏa mãn,

$$S_{100}/S_{110} \geq 1,00 \cdots (18)$$

ở đây, người ta cho rằng công thức (18) được thỏa mãn ngay cả khi tỷ lệ diện tích S_{100}/S_{110} phân kỳ đến vô cùng.

9. Tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 8,

trong đó, trong trường hợp mà giá trị KAM trung bình của các hạt được định hướng $\{110\}$ được biểu thị bằng K_{110} , công thức (19) được thỏa mãn,

$$K_{100}/K_{110} < 1,010 \cdots (19).$$

10. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 9, phương pháp này bao gồm:

thực hiện xử lý nhiệt trên tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4 ở nhiệt độ từ 700°C đến 950°C trong 1 giây đến 100 giây.

11. Tấm thép điện không định hướng bao gồm các thành phần hóa học theo % khối lượng như sau:

Si: 1,50% đến 4,00%;

một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au: tổng lượng nhỏ hơn 2,50%;

C: 0,0100% trở xuống;

sol. Al: 4,00% trở xuống;

S: 0,0400% trở xuống;

N: 0,0100% trở xuống;

Sn: 0,00% đến 0,40%;

Sb: 0,00% đến 0,40%;

P: 0,00% đến 0,40%;

Cr: 0,001% đến 0,100%;

B: 0,0000% đến 0,0050%;

O: 0,0000% đến 0,0200%;

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

trong đó, khi hàm lượng Mn (% khối lượng) được biểu thị bằng [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được biểu thị bằng [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được biểu thị bằng [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được biểu thị bằng [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được biểu thị bằng [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được biểu thị bằng [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được biểu thị bằng [Si], và hàm lượng sol. Al (% khối lượng) được biểu thị bằng [sol. Al], công thức (1) được thỏa mãn; và

phần còn lại là Fe và các tạp chất,

trong đó, khi thực hiện quan sát EBSD trên bề mặt song song với bề mặt tấm thép, trong trường hợp mà tổng diện tích được biểu thị bằng S_{tot} , diện tích của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng S_{100} , diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M theo công thức (2) lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng S_{tyl} , tổng diện tích của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng S_{tra} , kích thước hạt trung bình trong vùng quan sát được biểu thị bằng d_{ave} , kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng $\{100\}$ được biểu thị bằng d_{100} , và kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M lớn hơn 2,8 được biểu thị bằng d_{tyl} , công thức từ (20) đến (24) được thỏa mãn,

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

(1)

$$M = (\cos\phi \times \cos\lambda)^{-1} \dots (2)$$

$$S_{\text{tyl}}/S_{\text{tot}} < 0,55 \dots (20)$$

$$S_{100}/S_{\text{tot}} > 0,30 \dots (21)$$

$$S_{100}/S_{\text{tra}} \geq 0,60 \dots (22)$$

$$d_{100}/d_{\text{ave}} \geq 0,95 \dots (23)$$

$$d_{100}/d_{\text{tyl}} \geq 0,95 \dots (24)$$

ở đây, ϕ trong công thức (2) đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector hướng trượt của tinh thể, và λ đại diện cho góc được hình thành bởi vector ứng suất và vector pháp tuyến của mặt phẳng trượt của tinh thể.

12. Tấm thép điện không định hướng theo điểm 11,

trong đó, trong trường hợp mà kích thước hạt trung bình của các hạt được định hướng trong đó hệ số Taylor M từ 2,8 trở xuống được biểu thị bằng d_{tra} , công thức (25) được thỏa mãn,

$$d_{100}/d_{\text{tra}} \geq 0,95 \dots (25).$$

13. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, phương pháp này bao gồm:

thực hiện xử lý nhiệt trên tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9 ở nhiệt độ từ 950°C đến 1050°C trong 1 giây đến 100 giây hoặc ở nhiệt độ từ 700°C đến 900°C trong hơn 1000 giây.