



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0043208

(51)^{2020.01} C22C 38/02; C21D 8/12; C22C 38/04; (13) B
C22C 38/60; C22C 38/08; C22C 38/10;
C22C 38/16; C21D 1/26; C22C 38/06

(21) 1-2022-01585

(22) 13/11/2020

(86) PCT/JP2020/042465 13/11/2020

(87) WO 2021/095854 A1 20/05/2021

(30) 2019-206708 15/11/2019 JP

(45) 25/02/2025 443

(43) 25/08/2022 413

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) Tesshu MURAKAWA (JP); Miho TOMITA (JP); Satoshi KANO (JP).

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

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

(21) 1-2022-01585

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng bao gồm bước thu nhận tấm thép cán nóng bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trên vật liệu thép có thành phần hóa học đã được xác định trước, bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất trên tấm thép cán nóng, và bước thực hiện quá trình ủ thứ nhất sau quá trình cán nguội thứ nhất. Hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} , và quá trình làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 50 đến 500°C/ giây được bắt đầu trong 0,1 giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện và được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

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

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 4029430

Tài liệu sáng chế 2: Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 6319465

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

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

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên cần để giải quyết các vấn đề nêu trên. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện như sau. Để thu được các đặc tính từ vượt trội trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi trong bề mặt tấm, điều quan

trọng là phải tạo tiền đề cho thành phần hóa học của hệ biến đổi α - γ , để tinh luyện cấu trúc tinh thể bằng quá trình biến đổi thành ferit từ austenit trong quá trình cán nóng, và làm cho cấu trúc tinh thể trở nên mịn hơn bằng cách bắt đầu bước làm nguội trong 0,1 giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện của quá trình cán nóng.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế cũng đã phát hiện ra rằng quan trọng là thực hiện quá trình cán nguội ở mức giảm cán tích lũy mong muốn và để tạo ra các hạt $\{100\}$, mà có ít khả năng được phát triển bình thường, để có thể được phát triển bằng cách thực hiện quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) trong các điều kiện mong muốn và xảy ra hiện tượng tái kết tinh nổi (sau đây, được gọi là phòng lên).

Ý chính của sáng chế được đưa ra dựa trên các phát hiện nêu trên là như sau.

(1) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế bao gồm: bước thu nhận tấm thép cán nóng bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trên vật liệu thép, vật liệu thép này có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 1,50 đến 4,00%, sol.Al với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,000%, S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au với tổng lượng nằm trong khoảng từ 2,50 đến 5,00%, Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, và Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0000 đến 0,0100% với phần còn lại là Fe và các tạp chất, và thỏa mãn biểu thức (1) sau đây trong trường hợp, theo % khối lượng, hàm lượng Mn được ký hiệu bởi [Mn], hàm lượng Ni được ký hiệu bởi [Ni], hàm lượng Co được ký hiệu bởi [Co], hàm lượng Pt được ký hiệu bởi [Pt], hàm lượng Pb được ký hiệu bởi [Pb], hàm lượng Cu được ký hiệu bởi [Cu], hàm lượng Au được ký hiệu bởi [Au], hàm lượng Si được ký hiệu bởi [Si], và hàm lượng sol.Al được ký hiệu bởi [sol.Al]; bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất trên tấm thép cán nóng; bước thực hiện quá trình ủ thứ nhất sau quá trình cán nguội thứ nhất. Hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện trong quá trình cán nóng được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} , và quá trình làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình

nằm trong khoảng từ 50 đến 500°C/giây được bắt đầu trong 0,1 giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện và được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C.

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

(2) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (1), vật liệu thép có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có, theo % khối lượng, Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, và Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0100%.

(3) Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2), quá trình ủ thứ nhất có thể được thực hiện ở khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} .

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) có thể còn bao gồm bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ thứ nhất, trong đó quá trình cán nguội này có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 80 đến 92% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất và quá trình cán nguội này có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 5 đến 25% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (4) có thể còn bao gồm bước thực hiện quá trình ủ thứ hai sau quá trình cán nguội thứ hai, trong đó nhiệt độ ủ có thể được đặt để thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ thứ hai.

Tác dụng của sáng chế

Theo một khía cạnh, sáng chế có thể đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng có thể đạt được các đặc tính từ vượt trội trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) trong bề mặt tấm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở chỉ cấu hình được bộc lộ trong phương án này, và có thể có các biến thể khác mà không đi chệch khỏi phạm vi của sáng chế.

Trước tiên, thành phần hóa học của vật liệu thép được sử dụng theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này (có thể đơn giản được gọi là vật liệu thép theo phương án này) và tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này (có thể đơn giản được gọi là tấm thép điện không định hướng theo phương án này) sẽ được mô tả. Trong phần mô tả dưới đây, “%”, là đơn vị của hàm lượng của mỗi nguyên tố được chứa trong tấm thép điện không định hướng hoặc vật liệu thép, có nghĩa là “% khối lượng” trừ khi có quy định khác. Khoảng bằng số giới hạn được mô tả dưới đây bằng cách sử dụng từ “đến” bao gồm giới hạn dưới và giới hạn trên. Các giá trị bằng số được thể hiện bằng cách sử dụng “nhỏ hơn” hoặc “vượt quá” không được bao gồm trong một khoảng bằng số.

Tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thành phần hóa học trong đó quá trình biến đổi ferit-austenit (sau đây, được gọi là quá trình biến đổi α - γ) có thể xảy ra. Cụ thể, tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 1,50 đến 4,00%, sol.Al với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,000%, S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au với tổng lượng nằm trong khoảng từ 2,50 đến 5,00%, Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, và Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0000 đến 0,0100% với phần còn lại là Fe và các tạp chất. Hơn nữa, hàm lượng Mn, hàm lượng Ni, hàm lượng Co, hàm lượng Pt, hàm lượng Pb, hàm lượng Cu, hàm lượng Au, hàm lượng Si, và hàm lượng sol.Al thỏa mãn các điều kiện đã được xác định trước sẽ được mô tả sau đây.

C với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%

C làm tăng tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng, hoặc gây già hóa từ tính. Do đó, được ưu tiên hơn là hàm lượng C thấp hơn. Hiện tượng như vậy là đáng chú ý trong trường hợp hàm lượng C vượt quá 0,0100%. Vì lý do này, hàm lượng C được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%. Việc giảm hàm lượng C cũng góp phần vào việc cải thiện đồng đều các đặc tính từ theo tất cả các hướng trên bề mặt tấm (cải thiện các đặc tính từ theo toàn bộ hướng chu vi). Vì lý do này, hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%.

Giới hạn dưới của hàm lượng C không bị giới hạn đặc biệt, nhưng được ưu tiên là giới hạn dưới của hàm lượng C được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005% trên cơ sở chi phí để xử lý tách cacbon trong quá trình tinh luyện.

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

Si khử tổn hao do dòng xoáy và khử tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng bằng cách gia tăng điện trở, hoặc cải thiện khả năng gia công trong quá trình đột dập trong lõi bằng cách gia tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Trong trường hợp hàm lượng Si nhỏ hơn 1,50%, có thể không thu được các tác dụng này một cách đầy đủ. Do đó, hàm lượng Si được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 1,50%. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2,00% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,50%.

Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng Si vượt quá 4,00%, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng giảm xuống, khả năng gia công trong quá trình đột dập bị giảm do sự gia tăng quá mức độ cứng, hoặc khó thực hiện quá trình cán nguội. Do đó, hàm lượng Si được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 4,00%. Hàm lượng Si tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,50% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3,30%.

sol.Al với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,000%

sol.Al khử tổn hao do dòng xoáy và khử tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng bằng cách gia tăng điện trở. sol.Al cũng góp phần vào việc cải thiện độ lớn tương đối của mật độ từ thông B50 so với mật độ từ thông bão hòa. Ở đây, mật độ từ thông B50 là mật độ từ thông trong từ trường bằng 5000A/m. Trong trường hợp hàm lượng sol.Al nhỏ hơn 0,0001%, có thể không thu được các tác dụng này một cách đầy đủ. Hơn nữa, Al cũng có tác dụng thúc đẩy khử lưu huỳnh trong quá trình sản xuất thép.

Do đó, hàm lượng sol.Al được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0001%. Hàm lượng sol.Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,001%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,010%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,300%.

Mặt khác, trong trường hợp hàm lượng sol.Al vượt quá 1,000%, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng bị giảm hoặc tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền bị giảm, nên khả năng gia công đột dập giảm xuống. Do đó, hàm lượng sol.Al được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,000%. Hàm lượng sol.Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,900%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,800%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,700%.

Theo phương án này, sol.Al có nghĩa là Al có thể tan trong axit và cho biết Al hòa tan có mặt trong thép ở trạng thái của dung dịch rắn.

S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%

S không phải là nguyên tố cơ bản cần được chứa và là, chẳng hạn, nguyên tố được chứa trong thép dưới dạng tạp chất. S ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ do sự kết tủa của MnS mịn. Trong trường hợp sự tái kết tinh và sự phát triển hạt bị ức chế, tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng tăng lên và mật độ từ thông giảm xuống. Do đó, được ưu tiên hơn là hàm lượng S thấp hơn. Sự tăng tổn hao do sắt và sự giảm mật độ từ thông, gây ra bởi sự ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt, là rõ rệt trong trường hợp hàm lượng S vượt quá 0,0100%. Vì lý do này, hàm lượng S được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%. Hàm lượng S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%.

Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn đặc biệt, nhưng được ưu tiên là giới hạn dưới của hàm lượng S được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0003% trên cơ sở chi phí xử lý loại lưu huỳnh trong quá trình tinh luyện.

N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%

Vì N làm cho các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng kém đi giống C, được ưu tiên hơn là hàm lượng N thấp hơn. Do đó, hàm lượng N được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%. Hàm lượng N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn đặc biệt, nhưng được ưu tiên là giới hạn dưới của hàm lượng N được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0010% trên cơ sở chi phí xử lý loại nitơ trong quá trình tinh luyện.

Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au với tổng lượng nằm trong khoảng từ 2,50 đến 5,00%

Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au là các nguyên tố cần thiết để làm cho quá trình biến đổi α - γ xảy ra. Vì lý do này ít nhất một trong số các nguyên tố này được chứa với lượng lớn hơn hoặc bằng 2,50%. Tất cả các nguyên tố này không cần được chứa, và hàm lượng của nguyên tố bất kỳ trong số chúng phải lớn hơn hoặc bằng 2,50%. Tổng hàm lượng của các nguyên tố này tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3,00%.

Mặt khác, trong trường hợp tổng hàm lượng của các nguyên tố này vượt quá 5,00%, chi phí có thể tăng lên và mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng có thể giảm xuống. Do đó, tổng hàm lượng của các nguyên tố này được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 5,00%. Tổng hàm lượng của các nguyên tố này tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 4,50%.

Tổng của Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au thu được từ việc tính tổng giá trị của các hàm lượng của Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au.

Tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thành phần hóa học thỏa mãn các điều kiện sau đây là các điều kiện trong đó quá trình biến đổi α - γ có thể xảy ra. Nghĩa là, trong trường hợp hàm lượng Mn (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Mn], hàm lượng Ni (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Ni], hàm lượng Co (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Co], hàm lượng Pt (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Pt], hàm lượng Pb (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Pb], hàm lượng Cu (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Cu], hàm lượng Au (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Au], hàm lượng Si (% khối lượng) được ký hiệu bởi [Si], và hàm lượng sol.Al (% khối lượng) được ký hiệu bởi [sol.Al], theo biểu thức (1) sau đây được thỏa mãn.

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

Vì quá trình biến đổi α - γ không xảy ra trong trường hợp biểu thức (1) đã được mô tả ở trên không được thỏa mãn, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng

bị giảm. Vì lý do này, vế trái của biểu thức (1) vượt quá 0,00%. Vế trái của biểu thức (1) tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,30% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,50%.

Giới hạn trên của vế trái của biểu thức (1) không bị giới hạn đặc biệt, nhưng có thể nhỏ hơn hoặc bằng 2,00% hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%.

Phần còn lại của thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này gồm Fe và các tạp chất. Các chất được chứa trong các nguyên liệu thô, như quặng và phế liệu; các chất được chứa trong bước sản xuất; hoặc các chất được cho phép trong khoảng trong đó các đặc tính của tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này không ảnh hưởng bất lợi được lấy làm ví dụ minh họa là các tạp chất.

Tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thể chứa các nguyên tố sau đây dưới dạng các nguyên tố tùy ý ngoài một phần Fe. Giới hạn dưới của hàm lượng trong trường hợp các nguyên tố tùy ý không được chứa là 0%. Các chi tiết của mỗi nguyên tố tùy ý sẽ được mô tả dưới đây.

Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, và P với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%

Sn và Sb cải thiện mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng bằng cách cải thiện kết cấu cần được cán nguội và tái kết tinh. Vì lý do này, các nguyên tố này có thể được chứa nếu cần. Để chắc chắn thu được tác dụng này, được ưu tiên là hàm lượng của ngay cả một nguyên tố trong số Sn và Sb được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,020%. Mặt khác, trong trường hợp Sn và Sb được chứa quá nhiều, thép bị hóa giòn. Do đó, mỗi hàm lượng trong số hàm lượng Sn và hàm lượng Sb được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,400%.

Hơn nữa, P có thể được chứa để bảo đảm độ cứng của tấm thép được tái kết tinh. Để chắc chắn thu được tác dụng này, được ưu tiên là hàm lượng P được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,020%. Mặt khác, trong trường hợp P được chứa quá nhiều, thép sẽ bị giòn. Do đó, hàm lượng P được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,400%.

Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0000 đến 0,0100%

Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd phản ứng với S được chứa trong thép nóng chảy trong quá trình đúc thép nóng chảy, và tạo ra sulfua và/hoặc oxysulfua. Sau đây, Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd có thể được gọi chung là “các nguyên tố tạo kết tủa thô”.

Kích thước hạt của các chất kết tủa của các nguyên tố tạo kết tủa thô nằm trong khoảng từ khoảng 1 đến 2 μ m, và lớn hơn nhiều kích thước hạt (khoảng 100nm) của các chất kết tủa mịn, như MnS, TiN, hoặc AlN. Các chất kết tủa mịn này dính bám vào chất kết tủa của các nguyên tố tạo kết tủa thô, và ít có khả năng ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ, như quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công). Để thu được đủ các tác dụng này, được ưu tiên là tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo kết tủa thô lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Để thu được đủ tác dụng nêu trên, tất cả Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd không cần được chứa và được ưu tiên là hàm lượng của một nguyên tố bất kỳ trong số chúng lớn hơn hoặc bằng 0,0005%.

Mặt khác, trong trường hợp tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo kết tủa thô vượt quá 0,0100%, tổng lượng sulfua và/hoặc oxysulfua là quá nhiều và sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công), bị ức chế. Do đó, tổng hàm lượng của các nguyên tố tạo kết tủa thô được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%.

Tổng hàm lượng của Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd thu được từ việc tính tổng giá trị của các hàm lượng của Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd.

Thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thể được đo bằng phương pháp phân tích chung. Chẳng hạn, thành phần hóa học của tấm thép điện không định hướng và vật liệu thép theo phương án này có thể được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ nguyên tử-plasma kết hợp cảm ứng (inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, ICP-AES) hoặc phổ phát xạ quang học (optical emission spectroscopy, OES). C và S có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp hấp thụ đốt-hồng ngoại, và N có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp dẫn nhiệt –dung hợp khí trơ. sol.Al có thể được đo bằng phương pháp ICP-

AES bằng cách sử dụng phân lọc thu được trong trường hợp mẫu được phân hủy bằng axit bằng cách gia nhiệt.

Tiếp theo, kết cấu của tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học trong đó sự biến đổi α - γ có thể xảy ra, và có kết cấu trong đó các hạt $\{100\}$ được phát triển do sự tinh luyện cấu trúc tinh thể gây ra bởi quá trình làm nguội nhanh ngay sau khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện của quá trình cán nóng. Do đó, chẳng hạn, cường độ tích hợp theo định hướng $\{100\}\langle 011 \rangle$ của tấm thép điện không định hướng theo phương án này lớn hơn hoặc bằng 5, và mật độ từ thông B50 của chúng theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° được tăng một cách đặc biệt. Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, mật độ từ thông được tăng lên theo một hướng cụ thể như đã mô tả ở trên nhưng mật độ từ thông cao hoàn toàn thu được trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi trong bề mặt tấm. Trong trường hợp cường độ tích hợp theo định hướng $\{100\}\langle 011 \rangle$ nhỏ hơn 5, cường độ tích hợp theo định hướng $\{111\}\langle 112 \rangle$ làm giảm mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng tăng lên. Kết quả là, nói chung mật độ từ thông bị giảm xuống.

Cường độ tích hợp theo định hướng $\{100\}\langle 011 \rangle$ có thể được đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X hoặc phương pháp nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (electron backscatter diffraction, EBSD). Vì các góc phản xạ và góc tương tự của tia X và các chùm điện tử từ mẫu thay đổi phụ thuộc vào mỗi định hướng tinh thể, cường độ định hướng tinh thể có thể thu được từ cường độ phản xạ hoặc tương tự trên cơ sở mẫu định hướng ngẫu nhiên.

Tiếp theo, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng theo phương án này vượt trội nhất theo hai hướng trong đó góc nhỏ hơn trong số các góc được tạo ra giữa hướng cán và mỗi trong số hai hướng này là 45° . Mặt khác, các đặc tính từ kém nhất theo hai hướng trong đó các góc được tạo ra giữa hướng cán và hai hướng này bằng 0° và 90° . Ở đây, 45° là giá trị lý thuyết, và nó có thể không dễ dàng làm cho góc nhỏ hơn trong số các góc trùng với 45° trong quá trình sản xuất thực tế. Do đó, theo lý thuyết, trong trường hợp các hướng trong đó các đặc tính từ vượt trội nhất là hai hướng trong

đó góc nhỏ hơn trong số các góc được tạo ra giữa hướng cán và mỗi trong số hai hướng này bằng 45° , 45° cũng bao gồm góc không (chính xác) trùng khớp với 45° trong tấm thép điện không định hướng thực tế. Điều tương tự được áp dụng cho các trường hợp 0° và 90° .

Hơn nữa, về mặt lý thuyết các đặc tính từ theo hai hướng trong đó các đặc tính từ vượt trội nhất là giống nhau, nhưng nó có thể không dễ dàng làm cho các đặc tính từ theo hai hướng là giống nhau trong quá trình sản xuất thực tế. Do đó, theo lý thuyết, trong trường hợp các đặc tính từ theo hai hướng trong đó các đặc tính từ vượt trội nhất là giống nhau, sự “giống nhau” này cũng bao gồm trường hợp trong đó các đặc tính từ không (chính xác) giống nhau. Điều tương tự được áp dụng cho các trường hợp của hai hướng trong đó các đặc tính từ kém nhất.

Các góc nêu trên được biểu hiện để có các giá trị dương ngay cả theo cả hướng cùng chiều kim đồng hồ và hướng ngược chiều kim đồng hồ. Trong trường hợp hướng cùng chiều kim đồng hồ được xác định là hướng âm và hướng ngược chiều kim đồng hồ được xác định là hướng dương, hai hướng trong đó góc nhỏ hơn trong số các góc được tạo ra giữa hướng cán nêu trên và mỗi trong số hai hướng này là 45° là hai hướng trong đó các góc, mà có các giá trị tuyệt đối nhỏ hơn, trong số các góc được tạo ra giữa hướng cán nêu trên và hai hướng này là 45° và -45° .

Hai hướng trong đó góc nhỏ hơn trong số các góc được tạo ra giữa hướng cán nêu trên và mỗi trong số hai hướng này là 45° có thể cũng được biểu hiện dưới dạng hai hướng trong đó các góc được tạo ra giữa hướng cán và hai hướng này là 45° và 135° .

Trong trường hợp mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng theo phương án này được đo, mật độ từ thông B50 theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° là lớn hơn hoặc bằng 1,660T và mật độ từ thông B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) trong bề mặt tấm là lớn hơn hoặc bằng 1,605T.

Ngoài ra, trong trường hợp quá trình dát ép nhẹ và quá trình ủ giảm ứng suất được mô tả sau đây được thực hiện, các đặc tính từ được cải thiện hơn nữa, mật độ từ thông B50 theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° lớn hơn hoặc bằng 1,800T, và mật độ từ thông B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng)

trong bề mặt tấm lớn hơn hoặc bằng 1,650T. Các đặc tính từ được ưu tiên thu được trong trường hợp quá trình dát ép nhẹ và quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện mà mật độ từ thông B50 theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° là lớn hơn hoặc bằng 1,815T và mật độ từ thông B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) trong bề mặt tấm lớn hơn hoặc bằng 1,685T.

Trong tấm thép điện không định hướng theo phương án này, mật độ từ thông theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° cao nhưng mật độ từ thông cao thu được ngay cả trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) trong bề mặt tấm.

Các mẫu hình vuông 55mm được cắt ra khỏi tấm thép điện không định hướng theo các hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° , 0° , và góc tương tự và các mật độ từ thông trong từ trường bằng 5000A/m được đo bằng cách sử dụng thiết bị đo từ đơn tấm, để thu được mật độ từ thông B50. Mật độ từ thông B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) thu được từ việc tính giá trị trung bình của các mật độ từ thông theo các hướng nghiêng so với hướng cán một góc 0° , 45° , 90° , và 135° .

Tổn hao do sắt W10/400 được thay đổi phụ thuộc vào chiều dày tấm của tấm thép điện không định hướng. Tổn hao do sắt W10/400 giảm xuống khi chiều dày tấm của tấm thép điện không định hướng giảm.

Trong trường hợp chiều dày tấm của tấm thép điện không định hướng theo phương án này nằm trong khoảng từ 0,350 đến 0,400mm, tổn hao do sắt W10/400 nhỏ hơn hoặc bằng 19,00W/kg. Trong trường hợp quá trình dát ép nhẹ và quá trình ủ giảm ứng suất được mô tả sau đây được thực hiện và chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,350 đến 0,400mm, tổn hao do sắt W10/400 trở nên nhỏ hơn hoặc bằng 16,00W/kg.

Tổn hao năng lượng (W/kg) của mẫu, thu được từ tấm thép điện không định hướng, trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi, được tạo ra trong trường hợp từ trường AC có tần số 400Hz được đặt vào để mật độ từ thông cực đại bằng 1,0T, được đo bằng cách sử dụng thiết bị đo từ đơn tấm, để thu được tổn hao do sắt W10/400.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo

phương án này, quá trình cán nóng, quá trình cán nguội thứ nhất, và quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) được thực hiện. Ngoài ra, sau quá trình ủ thứ nhất, quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) và/hoặc quá trình ủ thứ hai (ủ giảm ứng suất) có thể được thực hiện nếu cần.

Đặc biệt là phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này bao gồm:

bước thu nhận tấm thép cán nóng bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trên vật liệu thép có thành phần hóa học nêu trên;

bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất trên tấm thép cán nóng;

bước thực hiện quá trình ủ thứ nhất sau quá trình cán nguội thứ nhất.

Hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện trong quá trình cán nóng được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} , và quá trình làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 50 đến 500°C/giây được bắt đầu trong 0,1 giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện và được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C.

Trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này, quá trình ủ thứ nhất có thể được thực hiện ở khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} .

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể còn bao gồm bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ thứ nhất, quá trình cán nguội có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 80 đến 92% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất, và quá trình cán nguội có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 5 đến 25% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể còn bao gồm bước thực hiện quá trình ủ thứ hai sau quá trình cán nguội thứ hai, và nhiệt độ ủ có thể được đặt để thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ thứ hai.

Các chi tiết của mỗi bước sẽ được mô tả dưới đây.

Trước tiên, vật liệu thép có thành phần hóa học nêu trên được gia nhiệt và quá trình cán nóng được thực hiện. Vật liệu thép có thể là phôi tấm được sản xuất bằng cách,

chẳng hạn, đúc liên tục bình thường. Bước cán thô và cán tinh của quá trình cán nóng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ γ (bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1}). Nghĩa là, quá trình cán nóng được thực hiện để nhiệt độ kết thúc của bước cán tinh (nhiệt độ phía ra của hành trình cuối cùng) bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} . Do đó, austenit được chuyển thành ferit bằng bước làm nguội tiếp theo, và cấu trúc tinh thể được tinh luyện. Trong trường hợp quá trình cán nguội được thực hiện trong trạng thái trong đó cấu trúc tinh thể được tinh luyện, sự tái kết tinh nổi (phồng lên) có khả năng xảy ra và các hạt $\{100\}$, mà bình thường có ít khả năng được phát triển, có thể dễ dàng phát triển. Giới hạn trên của nhiệt độ kết thúc không bị giới hạn đặc biệt, nhưng có thể được đặt đến, chẳng hạn, nhỏ hơn hoặc bằng 950°C .

Nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép có thể được đặt nằm trong khoảng từ, chẳng hạn, 1100 đến 1250°C để nhiệt độ kết thúc của cán tinh bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} .

Theo phương án này, quá trình làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 50 đến $500^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ được bắt đầu trong $0,1$ giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện. Ngoài ra, quá trình làm nguội này được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C .

Quá trình làm nguội bằng nước chủ yếu được sử dụng làm phương pháp làm nguội, nhưng huyền phù đặc và loại tương tự có thể được trộn để thực hiện việc làm nguội và phương pháp làm nguội không bị giới hạn đặc biệt miễn là quá trình làm nguội có thể được thực hiện ở tốc độ làm nguội nêu trên.

Ngoài ra, theo phương án này, tốc độ làm nguội trung bình là giá trị thu được trong trường hợp mức chênh lệch nhiệt độ giữa thời điểm bắt đầu làm nguội (ngoại trừ làm nguội trong không khí) và thời điểm kết thúc làm nguội chia cho khoảng thời gian trôi qua từ thời điểm bắt đầu làm nguội đến thời điểm kết thúc làm nguội.

Cấu trúc tinh thể được tinh luyện bằng sự biến đổi của austenit thành ferit. Tuy nhiên, theo phương án này, cấu trúc tinh thể được tinh luyện thêm nữa bằng quá trình làm nguội nhanh được thực hiện trong $0,1$ giây sau khi hoàn thành quá trình cán nóng (bước cán hoàn thiện). Vì cấu trúc tinh thể được tinh luyện theo cách này, có thể gây ra sự phồng lên có thể xảy ra nhờ quá trình cán nguội tiếp theo và quá trình ủ tiếp theo.

Được ưu tiên là quá trình làm nguội nêu trên được thực hiện trong 0,0 giây sau khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện. Các ví dụ về phương pháp thực hiện quá trình làm nguội nêu trên trong 0,0 giây sau khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện bao gồm phương pháp phun nước làm nguội, mà được phun vào tấm thép được đẩy ra từ hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện, để nước làm nguội được phun vào phía ra của hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện.

Theo phương án này, khoảng thời gian từ bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu quá trình làm nguội bằng nước và tốc độ cắt ren của tấm trong phần đó được đo và “khoảng thời gian cắt ren của tấm/tốc độ cắt ren của tấm” được tính để thu được thời gian từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu làm nguội.

Vì cấu trúc tinh thể không được tinh luyện đủ trong trường hợp tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong quá trình làm nguội sau bước cán hoàn thiện, sự phồng lên sau đó cũng không xảy ra đủ. Do đó, các hạt {100} không được phát triển đủ và mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng không được tăng đủ. Vì lý do này, tốc độ làm nguội trung bình được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong quá trình làm nguội sau bước cán hoàn thiện. Tốt hơn là, tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn hoặc bằng $70^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn hoặc bằng $90^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Mặt khác, xét về thiết bị cán nóng, khó đạt tốc độ làm nguội trung bình đến giá trị lớn hơn $500^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong quá trình làm nguội sau bước cán hoàn thiện. Vì lý do này, tốc độ làm nguội trung bình được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng $500^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong quá trình làm nguội sau bước cán hoàn thiện. Tốt hơn là, tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn hoặc bằng $400^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn hoặc bằng $300^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Quá trình làm nguội, được thực hiện sau bước cán hoàn thiện và tốc độ làm nguội trung bình của quá trình này nằm trong khoảng từ 50 đến $500^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C . Tốt hơn là, quá trình làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn 600°C . Trong trường hợp quá trình làm nguội được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn 700°C , sự biến đổi thành ferit từ austenit được hoàn thành.

Trong trường hợp nhiệt độ dừng của quá trình làm nguội, mà được thực hiện sau bước cán hoàn thiện và có tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 50 đến 500°C/giây, nhỏ hơn hoặc bằng 250°C, sự tái kết tinh không xảy ra sau khi hoàn thành bước cán hoàn thiện và các hạt đã gia công còn lại. Do đó, cấu trúc tinh thể không thể được tinh luyện đủ. Vì lý do này, quá trình làm nguội nêu trên được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C. Nhiệt độ quăn nêu trên tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 300°C hoặc lớn hơn hoặc bằng 400°C.

Sau khi việc làm nguội được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C, tấm thép được quăn ở dạng cuộn mà không cần làm nguội trong không khí, làm nguội chậm, và ủ tấm cán nóng. Nhiệt độ tại đó quá trình làm nguội được dừng lại gần như là nhiệt độ quăn cuộn. Sau khi tấm thép được quăn ở dạng cuộn, cuộn này có thể được quăn lại và bước tẩy gỉ có thể được thực hiện nếu cần. Sau khi cuộn được quăn lại hoặc sau khi bước tẩy gỉ được thực hiện, quá trình cán nguội thứ nhất được thực hiện trên tấm thép cán nóng.

Được ưu tiên là mức giảm cán tích lũy được đặt nằm trong khoảng từ 80 đến 92% trong quá trình cán nguội thứ nhất. Khi mức giảm cán tích lũy cao hơn, các hạt {100} có nhiều khả năng được phát triển bằng cách phòng lên sau đó nhưng khó quăn tấm thép cán nóng. Vì lý do này, thao tác này có khả năng khó được thực hiện. Trong trường hợp mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ nhất được đặt trong khoảng nêu trên, sự phát triển của các hạt {100}, mà do phòng lên sau đó, có thể tốt hơn là được kiểm soát.

Mức giảm cán tích lũy đề xuất ở đây được biểu diễn bởi $(1 - t_1/t_0) \times 100(\%)$ bằng cách sử dụng chiều dày tấm t_0 của tấm thép cán nóng mà không trải qua quá trình cán nguội thứ nhất và chiều dày tấm t_1 của tấm thép (tấm thép cán nguội) đã trải qua quá trình cán nguội thứ nhất.

Quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) được thực hiện sau quá trình cán nguội thứ nhất. Theo phương án này, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện ở khoảng nhiệt độ trong đó sự biến đổi thành austenit từ ferit không xảy ra. Nghĩa là, được ưu tiên nếu nhiệt độ của quá trình ủ thứ nhất được đặt để thấp hơn nhiệt độ $Ac1$. Trong trường hợp quá trình ủ thứ nhất được thực hiện trong điều kiện như vậy, sự phòng lên xảy ra và các hạt {100}

có khả năng được phát triển. Ngoài ra, được ưu tiên là thời gian ủ của quá trình ủ thứ nhất (thời gian giữ ở khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1}) được đặt trong khoảng từ 5 đến 60 giây. Hơn nữa, được ưu tiên là quá trình ủ thứ nhất được thực hiện ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 600°C , và được ưu tiên là quá trình ủ thứ nhất được thực hiện trong môi trường khí không oxy hóa.

Tấm thép điện không định hướng có thể được sản xuất bởi phương pháp đã được mô tả ở trên.

Được ưu tiên là quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện sau quá trình ủ thứ nhất được thực hiện. Trong trường hợp quá trình cán nguội được thực hiện ở trạng thái mà sự phồng lên xảy ra như đã mô tả ở trên, các hạt $\{100\}$ phát triển tiếp từ phần trong đó sự phồng lên đã xảy ra dưới dạng điểm bắt đầu. Được ưu tiên là mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ hai được đặt nằm trong khoảng từ 5 đến 25%. Trong trường hợp mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ hai được đặt nằm trong khoảng từ 5 đến 25%, các hạt $\{100\}$ có thể được phát triển tốt hơn.

Mức giảm cán tích lũy được đề xuất ở đây được biểu diễn bởi $(1 - t_1/t_0) \times 100(\%)$ bằng cách sử dụng chiều dày tấm t_0 của tấm thép điện không định hướng chưa trải qua quá trình cán nguội thứ hai và chiều dày tấm t_1 của tấm thép điện không định hướng đã trải qua quá trình cán nguội thứ hai.

Được ưu tiên là quá trình ủ thứ hai được thực hiện sau khi quá trình cán nguội thứ hai được thực hiện. Được ưu tiên là nhiệt độ ủ được đặt để thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ thứ hai. Trong trường hợp quá trình ủ thứ hai được thực hiện trong điều kiện như vậy, các hạt $\{100\}$ có thể được làm thô một cách chọn lọc. Do đó, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng có thể được gia tăng thêm nữa.

Ứng suất ít có khả năng được tích tụ trong các hạt $\{100\}$ có các đặc tính từ vượt trội, và ứng suất có thể được tích tụ trong các hạt $\{111\}$ có các đặc tính từ kém. Trong trường hợp bước ủ được thực hiện sau khi quá trình cán nguội thứ hai được thực hiện, các hạt $\{100\}$ có ứng suất thấp hơn xâm nhập các hạt $\{111\}$ bằng cách sử dụng sự chênh lệch ứng suất làm lực dẫn động. Do đó, các hạt $\{100\}$ phát triển tiếp. Hiện tượng xâm nhập này, gây ra bằng cách sử dụng sự chênh lệch ứng suất làm lực dẫn động, được gọi

là sự di chuyển biên hạt gây ra do ứng suất (strain-induced grain boundary migration, SIBM).

Để làm quá trình ủ thứ hai, quá trình ủ thời gian ngắn (quá trình ủ cuối cùng) có thể được thực hiện, quá trình ủ thời gian dài (ủ giảm ứng suất) có thể được thực hiện, hoặc cả quá trình ủ thời gian ngắn và quá trình ủ thời gian dài có thể được thực hiện. Trong trường hợp quá trình ủ thời gian ngắn được thực hiện, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện trong thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 1 giờ ở khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} . Trong trường hợp quá trình ủ thời gian dài được thực hiện, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện trong thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} . Trong trường hợp quá trình ủ thời gian dài được thực hiện, có thể nhận được tác dụng loại bỏ ứng suất gây ra bởi bước đột dập và tác dụng của việc làm thô chọn lọc các hạt $\{100\}$.

Trong trường hợp cả quá trình ủ thời gian ngắn và quá trình ủ thời gian dài được thực hiện, được ưu tiên là quá trình ủ thời gian dài được thực hiện sau quá trình ủ thời gian ngắn.

Theo phương án này, nhiệt độ A_{r1} thu được từ sự thay đổi độ giãn nở do nhiệt của vật liệu thép (tấm thép) mà đang được làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Hơn nữa, theo phương án này, nhiệt độ A_{c1} thu được từ sự thay đổi độ giãn nở do nhiệt của vật liệu thép (tấm thép) đang được gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ví dụ thực hiện sáng chế

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

Ví dụ thứ nhất

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 được mô tả dưới đây. Vẽ trái của biểu thức được thể hiện trong

bảng 1 là giá trị của vế trái của biểu thức (1) đã được mô tả ở trên. Sau đó, các phôi tấm tạo ra được gia nhiệt lên đến 1150°C và được cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 2, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm. Quá trình làm nguội bằng nước được thực hiện sau bước cán hoàn thiện, và các tấm thép được quấn sau khi quá trình làm nguội bằng nước được dừng lại ở các nhiệt độ quấn thể hiện trong bảng 2.

Nhiệt độ phía ra (nhiệt độ kết thúc) của hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện, thời gian từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu làm nguội (bắt đầu quá trình làm nguội bằng nước), tốc độ làm nguội trung bình, và nhiệt độ quấn được thể hiện trong bảng 2. Khoảng thời gian từ bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu quá trình làm nguội bằng nước và tốc độ cắt ren của tấm trong phần đó được đo và “khoảng thời gian cắt ren của tấm/tốc độ cắt ren của tấm” được tính để thu được thời gian từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu làm nguội. Ở đây, sự thật là thời gian từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu làm nguội bằng 0,0 giây có nghĩa là quá trình làm nguội được thực hiện sao cho nước làm nguội được phun vào phía ra của hành trình cuối cùng của cán hoàn thiện.

Sau đó, bước tẩy gỉ được thực hiện trên các tấm thép cán nóng thu được để loại bỏ gỉ. Sau đó, quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy bằng 85% cho đến khi chiều dày tấm đạt 0,385mm, để thu được các tấm thép (các tấm thép cán nguội). Quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) để gia nhiệt các tấm thép thu được và giữ các tấm thép này trong từ 5 đến 60 giây ở 700°C , là nhiệt độ thấp hơn các nhiệt độ A_{c1} của tất cả các tấm thép, trong môi trường khí không oxy hóa được thực hiện. Sau đó, quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy bằng 9% cho đến khi chiều dày tấm đạt 0,35mm.

Nhiệt độ A_{r1} thu được từ sự thay đổi độ giãn nở do nhiệt của tấm thép mà đang được làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và nhiệt độ A_{c1} thu được từ sự thay đổi về độ giãn nở do nhiệt của tấm thép mà đang được gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Sau khi quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện, quá trình ủ thứ hai (ủ giảm ứng suất) để gia nhiệt các tấm thép trong 2 giờ ở 800°C được thực hiện. 800°C là nhiệt độ thấp hơn các nhiệt độ A_{c1} của tất cả các tấm thép.

Sau khi quá trình ủ thứ hai được thực hiện, các mật độ từ thông B50 được đo bằng cách sử dụng dụng cụ đo từ tính tấm đơn. Các mẫu hình vuông có chiều dài cạnh 55mm được lấy theo hai hướng nghiêng so với hướng cán của các tấm thép các góc 0° và 45° , và các mật độ từ thông B50 được đo. Mật độ từ thông theo hướng nghiêng so với hướng cán một góc 45° được dùng để chỉ mật độ từ thông B50 theo hướng 45° . Mức trung bình trên toàn bộ chu vi của các mật độ từ thông B50 thu được từ việc tính giá trị trung bình của các mật độ từ thông theo các hướng nghiêng so với hướng cán một góc 0° , 45° , 90° , và 135° .

Hơn nữa, tổn hao năng lượng (W/kg) của các mẫu, thu được từ các tấm thép điện không định hướng, trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi, được tạo ra trong trường hợp trong đó từ trường dòng xoay chiều (alternating current, AC) có tần số 400Hz được đặt vào để mật độ từ thông cực đại bằng 1,0T, được đo, để thu được tổn hao do sắt W10/400.

Bảng 1

Số	Thành phần hóa học (% khối lượng), phần còn lại là sắt và các tạp chất												
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Về trái của biểu thức
101	0,0009	2,50	0,012	0,0023	0,0024	3,07	---	---	---	---	---	---	0,55
102	0,0014	2,52	0,009	0,0020	0,0023	---	3,11	---	---	---	---	---	0,59
103	0,0011	2,52	0,012	0,0023	0,0020	---	---	3,08	---	---	---	---	0,54
104	0,0012	2,53	0,008	0,0024	0,0017	---	---	---	3,10	---	---	---	0,57
105	0,0009	2,52	0,008	0,0019	0,0022	---	---	---	---	3,10	---	---	0,58
106	0,0011	2,49	0,010	0,0021	0,0023	---	---	---	---	---	3,12	---	0,62
107	0,0007	2,50	0,007	0,0022	0,0023	---	---	---	---	---	---	3,06	0,55
108	0,0009	2,50	0,013	0,0020	0,0018	3,10	---	---	---	---	---	---	0,59
109	0,0006	2,50	0,010	0,0018	0,0018	3,09	---	---	---	---	---	---	0,59
110	0,0012	2,47	0,009	0,0020	0,0023	3,10	---	---	---	---	---	---	0,62
111	0,0013	2,49	0,012	0,0020	0,0018	3,11	---	---	---	---	---	---	0,60
112	0,0010	2,48	0,009	0,0016	0,0016	3,11	---	---	---	---	---	---	0,62
113	0,0010	2,49	0,010	0,0017	0,0024	3,11	---	---	---	---	---	---	0,61
114	0,0006	2,48	0,012	0,0018	0,0018	3,11	---	---	---	---	---	---	0,61
115	0,0009	2,51	0,012	0,0024	0,0021	3,08	---	---	---	---	---	---	0,56
116	0,0011	2,50	0,321	0,0020	0,0024	3,42	---	---	---	---	---	---	0,59
117	0,0012	2,51	0,612	0,0021	0,0023	3,73	---	---	---	---	---	---	0,61
118	0,0012	2,50	0,010	0,0019	0,0023	3,10	---	---	---	---	---	---	0,59
119	0,0011	2,51	0,011	0,0022	0,0021	3,11	---	---	---	---	---	---	0,59

Bảng 2

Số	Các điều kiện của quá trình cán nóng					Các đặc tính từ sau khi quá trình ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C			Ghi chú
	Nhiệt độ kết thúc (°C)	Ar1 (°C)	Thời gian từ khi kết thúc đến khi bắt đầu làm nguội (giây)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ ủ (°C)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)	
101	800	780	0,0	100	500	1,827	1,704	15,22	Ví dụ của sáng chế
102	800	780	0,0	100	500	1,831	1,701	14,90	Ví dụ của sáng chế
103	800	780	0,0	100	500	1,833	1,696	14,96	Ví dụ của sáng chế
104	800	780	0,0	100	500	1,834	1,702	14,92	Ví dụ của sáng chế
105	800	780	0,0	100	500	1,829	1,697	15,18	Ví dụ của sáng chế
106	800	780	0,0	100	500	1,832	1,702	15,12	Ví dụ của sáng chế
107	800	780	0,0	100	500	1,832	1,697	15,16	Ví dụ của sáng chế
108	800	780	0,07	100	500	1,822	1,693	15,14	Ví dụ của sáng chế
109	800	780	<u>0,3</u>	100	500	1,811	1,680	16,03	Ví dụ so sánh
110	800	780	<u>0,6</u>	100	500	1,812	1,677	16,40	Ví dụ so sánh
111	800	780	<u>1,0</u>	100	500	1,808	1,681	16,28	Ví dụ so sánh
112	800	780	0,0	50	500	1,819	1,689	15,29	Ví dụ của sáng chế
113	800	780	0,0	30	500	1,810	1,684	16,10	Ví dụ so sánh
114	800	780	0,0	200	500	1,830	1,703	15,20	Ví dụ của sáng chế
115	800	780	0,0	100	240	1,813	1,679	16,03	Ví dụ so sánh
116	800	780	0,0	100	500	1,825	1,691	14,64	Ví dụ của sáng chế
117	800	780	0,0	100	500	1,818	1,688	14,11	Ví dụ của sáng chế
118	800	780	0,0	100	400	1,826	1,694	15,32	Ví dụ của sáng chế
119	800	780	0,0	100	650	1,827	1,693	15,34	Ví dụ của sáng chế

Đường gạch chân thể hiện trong bảng 2 cho biết các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các đặc tính từ vượt trội cả theo hướng 45° và trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (các mật độ từ thông B50 cao và các tổn hao do sắt W10/400 thấp) thu được từ các số từ 101 đến 108, các số từ 112 và 114, và các số từ 116 đến 119 là các ví dụ của sáng chế.

Mặt khác, vì các số từ 109 đến 111, là các ví dụ so sánh, có thời gian dài từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu làm nguội (“thời gian từ khi kết thúc đến khi bắt đầu làm nguội” trong bảng 1), các số từ 109 đến 111 có các mật độ từ thông B50 thấp và các tổn hao do sắt W10/400 cao. Do đó, các đặc tính từ của các số từ 109 đến 111 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế. Vì số 113, là ví dụ so sánh, có tốc độ làm nguội trung bình thấp, số 113 có mật độ từ thông B50 thấp hơn các mật độ từ thông B50 của các ví dụ của sáng chế và tổn hao do sắt W10/400 cao hơn các tổn hao do sắt W10/400 của các ví dụ của sáng chế. Do đó, các đặc tính từ của số 113 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế. Vì số 115, là ví dụ so sánh, có nhiệt độ quăn thấp (nhiệt độ tại đó quá trình làm nguội được dừng lại), số 115 có mật độ từ thông B50 thấp hơn các mật độ từ thông B50 của các ví dụ của sáng chế và tổn hao do sắt W10/400 cao hơn các tổn hao do sắt W10/400 của các ví dụ của sáng chế. Do đó, các đặc tính từ của số 115 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế.

Ví dụ thứ hai

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học thể hiện trong bảng 3 được mô tả dưới đây. Sau đó, các thanh thép tạo ra được gia nhiệt đến 1150°C và được cán nóng trong các điều kiện thể hiện trong bảng 4, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm. Quá trình làm nguội bằng nước được thực hiện sau bước cán hoàn thiện, và các tấm thép được quăn sau khi quá trình làm nguội bằng nước được dừng lại ở các nhiệt độ quăn thể hiện trong bảng 2.

Vì các mục thể hiện trong bảng 4 giống như các mục được mô tả trong ví dụ 1, nên phần mô tả về chúng sẽ được bỏ qua.

Sau đó, bước tẩy gỉ được thực hiện trên các tấm thép cán nóng thu được để loại bỏ gỉ. Sau đó, quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy bằng 85%

cho đến khi chiều dày tấm đạt 0,385mm, để thu được các tấm thép (các tấm thép cán nguội). Quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) để gia nhiệt các tấm thép thu được và giữ các tấm thép trong 5 đến 60 giây ở 700°C, là nhiệt độ thấp hơn các nhiệt độ Ac1 của tất cả các tấm thép, trong môi trường khí không oxy hóa được thực hiện. Sau đó, quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy bằng 9% cho đến khi chiều dày tấm đạt 0,35mm.

Sau khi quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện, quá trình ủ thứ hai (ủ giảm ứng suất) để gia nhiệt các tấm thép trong 2 giờ ở 800°C được thực hiện. 800°C là nhiệt độ thấp hơn các nhiệt độ Ac1 của tất cả các tấm thép.

Sau khi quá trình ủ thứ hai được thực hiện, các mật độ từ thông B50 và các tổn hao do sắt W10/400 được đo bằng cách sử dụng dụng cụ đo từ tính tấm đơn. Phép đo được thực hiện theo quy trình giống như trong ví dụ thứ nhất. Ngoài ra, các nhiệt độ Ar1 và các nhiệt độ Ac1 được đo bằng các phương pháp giống như trong ví dụ thứ nhất.

Bảng 3

Số	Thành phần hóa học (% khối lượng), phần còn lại là sắt và các tạp chất																			Vé trái của biểu thức
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Sn	Sb	P	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	La	Nd	Pr	Zn	Cd	
201	0,0010	2,52	0,007	0,0019	0,0016	3,11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
202	0,0007	2,49	0,012	0,0024	0,0018	3,14	0,051	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
203	0,0012	2,51	0,013	0,0021	0,0022	3,09	---	0,053	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
204	0,0009	2,52	0,013	0,0023	0,0019	3,12	---	---	0,049	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
205	0,0010	2,53	0,013	0,0017	0,0022	3,13	---	---	---	0,0051	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
206	0,0009	2,52	0,011	0,0017	0,0018	3,11	---	---	---	---	0,0047	---	---	---	---	---	---	---	---	---
207	0,0014	2,54	0,011	0,0023	0,0020	3,12	---	---	---	---	---	0,0047	---	---	---	---	---	---	---	---
208	0,0013	2,53	0,007	0,0022	0,0021	3,11	---	---	---	---	---	---	0,0052	---	---	---	---	---	---	---
209	0,0007	2,46	0,007	0,0020	0,0017	3,13	---	---	---	---	---	---	---	0,0051	---	---	---	---	---	---
210	0,0013	2,50	0,011	0,0023	0,0019	3,12	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0053	---	---	---	---	---
211	0,0011	2,48	0,013	0,0017	0,0019	3,08	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0051	---	---	---	---
212	0,0014	2,46	0,007	0,0016	0,0022	3,12	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0053	---	---	---
213	0,0011	2,48	0,012	0,0019	0,0017	3,13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0049	---	---
214	0,0008	2,54	0,008	0,0023	0,0023	3,11	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0051	---
215	0,0008	2,49	0,320	0,0020	0,0018	3,43	0,049	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
216	0,0010	2,50	0,610	0,0023	0,0019	3,71	0,051	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Bảng 4

Số	Các điều kiện của quá trình cán nóng					Các đặc tính từ sau khi quá trình ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C			Ghi chú
	Nhiệt độ kết thúc (°C)	Ar1 (°C)	Thời gian từ khi kết thúc đến khi bắt đầu làm nguội (giây)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ quán (°C)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)	
201	800	780	0,0	100	500	1,830	1,699	15,13	Ví dụ của sáng chế
202	800	780	0,0	100	500	1,836	1,710	15,11	Ví dụ của sáng chế
203	800	780	0,0	100	500	1,842	1,707	15,09	Ví dụ của sáng chế
204	800	780	0,0	100	500	1,841	1,709	15,07	Ví dụ của sáng chế
205	800	780	0,0	100	500	1,833	1,696	14,74	Ví dụ của sáng chế
206	800	780	0,0	100	500	1,827	1,704	14,70	Ví dụ của sáng chế
207	800	780	0,0	100	500	1,826	1,701	14,69	Ví dụ của sáng chế
208	800	780	0,0	100	500	1,827	1,696	14,71	Ví dụ của sáng chế
209	800	780	0,0	100	500	1,831	1,703	14,69	Ví dụ của sáng chế
210	800	780	0,0	100	500	1,826	1,703	14,69	Ví dụ của sáng chế
211	800	780	0,0	100	500	1,826	1,704	14,70	Ví dụ của sáng chế
212	800	780	0,0	100	500	1,829	1,699	14,72	Ví dụ của sáng chế
213	800	780	0,0	100	500	1,827	1,697	14,68	Ví dụ của sáng chế
214	800	780	0,0	100	500	1,833	1,696	14,70	Ví dụ của sáng chế
215	800	780	0,0	100	500	1,829	1,705	14,62	Ví dụ của sáng chế
216	800	780	0,0	100	500	1,821	1,691	14,22	Ví dụ của sáng chế

Các số từ 201 đến 216 là các ví dụ của sáng chế, và tất cả chúng có các đặc tính từ tốt. Đặc biệt là, các mật độ từ thông B50 của các số từ 202 đến 204 cao hơn các mật độ từ thông B50 của số 201 và các số từ 205 đến 214, và các tổn hao do sắt W10/400 của các số từ 205 đến 214 thấp hơn các tổn hao do sắt W10/400 của các số từ 201 đến 204. Các tổn hao do sắt W10/400 của các số từ 215 và 216 có các hàm lượng sol.Al cao thấp hơn các tổn hao do sắt W10/400 của số 201, và các mật độ từ thông B50 của các số từ 215 và 216 thấp hơn các mật độ từ thông B50 của số 201.

Ví dụ thứ ba

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học thể hiện trong bảng 5 được mô tả dưới đây. Sau đó, các thanh thép tạo ra được gia nhiệt đến 1150°C và được cán nóng trong các điều kiện thể hiện trong bảng 6, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm. Quá trình làm nguội bằng nước được thực hiện sau bước cán hoàn thiện, và các tấm thép được quấn sau khi quá trình làm nguội bằng nước được dừng lại ở các nhiệt độ quấn thể hiện trong bảng 6.

Vì các mục thể hiện trong bảng 6 giống như các mục đã mô tả trong ví dụ 1, phần mô tả của chúng sẽ được bỏ qua.

Sau đó, bước tẩy gỉ được thực hiện trên các tấm thép cán nóng thu được để loại bỏ gỉ. Sau đó, quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy bằng 85% cho đến khi chiều dày tấm đạt 0,385mm, để thu được các tấm thép (các tấm thép cán nguội). Quá trình ủ thứ nhất (ủ gia công) để gia nhiệt các tấm thép thu được và giữ các tấm thép trong từ 5 đến 60 giây ở 700°C, là nhiệt độ thấp hơn các nhiệt độ Ac1 của tất cả các tấm thép, trong môi trường khí không oxy hóa được thực hiện.

Sau khi quá trình ủ thứ nhất được thực hiện, các mật độ từ thông B50 và các tổn hao do sắt W10/400 được đo bằng cách sử dụng dụng cụ đo từ tính tấm đơn. Phép đo được thực hiện theo quy trình giống như trong ví dụ thứ nhất. Ngoài ra, các nhiệt độ Ar1 và các nhiệt độ Ac1 được đo bằng các phương pháp giống như trong ví dụ thứ nhất.

Bảng 5

Số	Thành phần hóa học (% khối lượng), phần còn lại là sắt và các tạp chất													
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	Các nguyên tố khác	Vế trái của biểu thức
301	0,0009	2,51	0,012	0,0019	0,0021	3,10	---	---	---	---	---	---	---	0,55
302	0,0009	2,51	0,009	0,0019	0,0022	---	3,11	---	---	---	---	---	---	0,59
303	0,0009	2,49	0,011	0,0022	0,0022	---	---	3,11	---	---	---	---	---	0,54
304	0,0008	2,50	0,011	0,0021	0,0021	---	---	---	3,10	---	---	---	---	0,57
305	0,0011	2,50	0,012	0,0020	0,0018	---	---	---	---	3,10	---	---	---	0,58
306	0,0011	2,50	0,010	0,0021	0,0020	---	---	---	---	---	3,09	---	---	0,62
307	0,0009	2,49	0,011	0,0018	0,0018	---	---	---	---	---	---	3,08	---	0,55
308	0,0010	2,51	0,012	0,0020	0,0020	3,12	---	---	---	---	---	---	---	0,59
309	0,0010	2,51	0,011	0,0020	0,0020	3,11	---	---	---	---	---	---	---	0,59
310	0,0011	2,50	0,012	0,0021	0,0019	3,10	---	---	---	---	---	---	---	0,62
311	0,0009	2,50	0,010	0,0019	0,0018	3,10	---	---	---	---	---	---	---	0,60
312	0,0009	2,51	0,011	0,0019	0,0020	3,08	---	---	---	---	---	---	---	0,62
313	0,0012	2,49	0,011	0,0021	0,0018	3,10	---	---	---	---	---	---	---	0,61
314	0,0012	2,51	0,008	0,0018	0,0019	3,09	---	---	---	---	---	---	---	0,61
315	0,0011	2,51	0,010	0,0020	0,0018	3,08	---	---	---	---	---	---	---	0,56
316	0,0008	2,50	0,322	0,0019	0,0019	3,31	---	---	---	---	---	---	---	0,59
317	0,0008	2,50	0,609	0,0020	0,0018	3,71	---	---	---	---	---	---	---	0,59
318	0,0011	2,49	0,011	0,0019	0,0021	3,10	---	---	---	---	---	---	Sn:0,05	0,59
319	0,0010	2,49	0,009	0,0018	0,0020	3,09	---	---	---	---	---	---	Sb:0,05	0,59
320	0,0011	2,48	0,011	0,0021	0,0021	3,09	---	---	---	---	---	---	P:0,05	0,59
321	0,0009	2,52	0,011	0,0021	0,0021	3,11	---	---	---	---	---	---	Mg:0,005	0,59
322	0,0011	2,50	0,009	0,0018	0,0019	3,11	---	---	---	---	---	---	Ca:0,005	0,59
323	0,0011	2,49	0,010	0,0020	0,0021	3,10	---	---	---	---	---	---	Ba:0,005	0,59
324	0,0008	2,52	0,009	0,0022	0,0020	3,11	---	---	---	---	---	---	Ce:0,005	0,59
325	0,0011	2,51	0,012	0,0019	0,0019	3,09	---	---	---	---	---	---	La:0,005	0,59
326	0,0010	2,48	0,010	0,0022	0,0018	3,12	---	---	---	---	---	---	Nd:0,005	0,59

Bảng 6

Số	Các điều kiện của quá trình cán nóng					Các đặc tính từ			Ghi chú
	Nhiệt độ kết thúc (°C)	Ar1 (°C)	Thời gian từ khi kết thúc đến khi bắt đầu làm nguội (giây)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ quăn (°C)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)	
301	800	780	0,0	100	500	1,671	1,617	18,19	Ví dụ của sáng chế
302	800	780	0,0	100	500	1,671	1,622	18,23	Ví dụ của sáng chế
303	800	780	0,0	100	500	1,672	1,621	18,17	Ví dụ của sáng chế
304	800	780	0,0	100	500	1,671	1,622	18,24	Ví dụ của sáng chế
305	800	780	0,0	100	500	1,673	1,622	18,20	Ví dụ của sáng chế
306	800	780	0,0	100	500	1,669	1,616	18,22	Ví dụ của sáng chế
307	800	780	0,0	100	500	1,672	1,622	18,22	Ví dụ của sáng chế
308	800	780	0,07	100	500	1,661	1,608	18,62	Ví dụ của sáng chế
309	800	780	<u>0,3</u>	100	500	1,653	1,604	19,49	Ví dụ so sánh
310	800	780	<u>0,6</u>	100	500	1,648	1,597	19,53	Ví dụ so sánh
311	800	780	<u>1,0</u>	100	500	1,654	1,597	19,49	Ví dụ so sánh
312	800	780	0,0	50	500	1,662	1,608	18,62	Ví dụ của sáng chế
313	800	780	0,0	<u>30</u>	500	1,651	1,604	19,48	Ví dụ so sánh
314	800	780	0,0	200	500	1,671	1,618	18,22	Ví dụ của sáng chế
315	800	780	0,0	100	<u>240</u>	1,651	1,600	19,50	Ví dụ so sánh
316	800	780	0,07	100	500	1,667	1,618	18,22	Ví dụ của sáng chế
317	800	780	0,07	100	500	1,668	1,622	18,23	Ví dụ của sáng chế
318	800	780	0,07	100	500	1,679	1,631	18,24	Ví dụ của sáng chế
319	800	780	0,07	100	500	1,676	1,627	18,17	Ví dụ của sáng chế
320	800	780	0,07	100	400	1,672	1,631	18,32	Ví dụ của sáng chế
321	800	780	0,07	100	500	1,666	1,623	17,20	Ví dụ của sáng chế
322	800	780	0,07	100	600	1,661	1,617	17,34	Ví dụ của sáng chế
323	800	780	0,07	100	500	1,666	1,617	17,16	Ví dụ của sáng chế
324	800	780	0,07	100	500	1,669	1,621	17,17	Ví dụ của sáng chế
325	800	780	0,07	100	500	1,669	1,622	17,19	Ví dụ của sáng chế
326	800	780	0,07	100	500	1,673	1,624	17,24	Ví dụ của sáng chế

Đường gạch chân thể hiện trong bảng 6 cho biết các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các đặc tính từ vượt trội cả theo hướng 45° và trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (các mật độ từ thông B50 cao và các tổn hao do sắt W10/400 thấp) thu được từ các số từ 301 đến 308, các số từ 312 và 314, và các số từ 316 đến 326 là các ví dụ của sáng chế.

Mặt khác, vì các số từ 309 đến 311, là các ví dụ so sánh, có thời gian dài từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện đến khi bắt đầu

làm nguội, các số từ 309 đến 311 có các mật độ từ thông B50 thấp và các tổn hao do sắt W10/400 cao. Do đó, các đặc tính từ của các số từ 309 đến 311 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế. Vì số 313, là ví dụ so sánh, có tốc độ làm nguội trung bình thấp, số 313 có mật độ từ thông B50 thấp hơn các mật độ từ thông B50 của các ví dụ của sáng chế và tổn hao do sắt W10/400 cao hơn các tổn hao do sắt W10/400 của các ví dụ của sáng chế. Do đó, các đặc tính từ của số 313 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế. Vì số 315, là ví dụ so sánh, có nhiệt độ quăn thấp, số 315 có mật độ từ thông B50 thấp hơn các mật độ từ thông B50 của các ví dụ của sáng chế và tổn hao do sắt W10/400 cao hơn các tổn hao do sắt W10/400 của các ví dụ của sáng chế. Do đó, các đặc tính từ của số 315 kém hơn các đặc tính từ của các ví dụ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

bước thu nhận tấm thép cán nóng bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trên vật liệu thép, vật liệu thép này có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 1,50 đến 4,00%, sol.Al với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,000%, S với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, N với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Mn, Ni, Co, Pt, Pb, Cu, và Au với tổng lượng nằm trong khoảng từ 2,50 đến 5,00%, Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, Sb với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,000 đến 0,400%, và Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0000 đến 0,0100% với phần còn lại là Fe và các tạp chất, và thỏa mãn biểu thức (1) sau đây trong trường hợp hàm lượng Mn được ký hiệu bởi (Mn), hàm lượng Ni được ký hiệu bởi (Ni), hàm lượng Co được ký hiệu bởi (Co), hàm lượng Pt được ký hiệu bởi (Pt), hàm lượng Pb được ký hiệu bởi (Pb), hàm lượng Cu được ký hiệu bởi (Cu), hàm lượng Au được ký hiệu bởi (Au), hàm lượng Si được ký hiệu bởi (Si), và hàm lượng sol.Al được ký hiệu bởi (sol.Al);

bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất trên tấm thép cán nóng; và

bước thực hiện quá trình ủ thứ nhất sau quá trình cán nguội thứ nhất,

trong đó hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện trong quá trình cán nóng được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ Ar₁, và quá trình làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ 50 đến 500°C/giây được bắt đầu trong 0,1 giây từ khi hoàn thành việc cán trong hành trình cuối cùng của bước cán hoàn thiện và được thực hiện lên tới khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 700°C.

$$((\text{Mn})+(\text{Ni})+(\text{Co})+(\text{Pt})+(\text{Pb})+(\text{Cu})+(\text{Au}))-(\text{(Si)}+(\text{sol.Al}))>0,00\% \dots (1)$$

2. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 1,

trong đó, vật liệu thép chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có, theo % khối lượng, Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, Sb với

lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,020 đến 0,400%, và Mg, Ca, Sr, Ba, Ce, La, Nd, Pr, Zn, và Cd với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0100%.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó, quá trình ủ thứ nhất được thực hiện ở khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} .

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

bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ thứ nhất,

trong đó, quá trình cán nguội này được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 80 đến 92% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất, và

quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 5 đến 25% trong bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm 4, trong đó phương pháp này còn bao gồm:

bước thực hiện quá trình ủ thứ hai sau quá trình cán nguội thứ hai,

trong đó, nhiệt độ ủ được đặt để thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ thứ hai.