



(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)



1-0043370

(51)^{2006.01} C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/60; (13) B
C22C 38/10; C22C 38/16; C21D 8/12;
C22C 38/06

(21) 1-2022-01369

(22) 13/11/2020

(86) PCT/JP2020/042471 13/11/2020

(87) WO 2021/095859 A1 20/05/2021

(30) 2019-206812 15/11/2019 JP; 2019-206630 15/11/2019 JP

(45) 25/02/2025 443

(43) 26/09/2022 414

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) Tesshu MURAKAWA (JP); Hiroshi FUJIMURA (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) 1-2022-01369

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng bao gồm bước 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, bước thực hiện quá trình ủ, bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai, và bước thực hiện bất kỳ một hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất. Hành trình cuối cùng của bước cán tinh được thực hiện trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ Ar_1 , tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 2 giờ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ Ac_1 trong quá trình ủ cuối cùng, và tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn $600^{\circ}C$ và thấp hơn nhiệt độ Ac_1 trong quá trình ủ giảm ứng suất.

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, 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.

Hơn nữa, để giảm chi phí sản xuất, được ưu tiên là tấm thép điện không định hướng được làm bằng vật liệu dễ gia công trong trường hợp trong đó tấm thép điện không định hướng được gia công cho lõi của động cơ. Do đó, tốt hơn là mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép điện không định hướng có thể thu được các đặc tính từ vượt

trội trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (trung bình theo mọi hướng) và có khả năng gia công vượt trội.

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 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 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, để thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất ở mức giảm cán tích lũy mong muốn, 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 trong các điều kiện mong muốn và gây ra hiện tượng kết tinh lại nhô ra (sau đây, được gọi là sự phòng lên), và để làm cho các hạt $\{100\}$ xâm nhập các hạt $\{111\}$ bằng cách thực hiện quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) và quá trình ủ cuối cùng hoặc quá trình ủ giảm ứng suất trong các điều kiện mong muốn.

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 và quán vật liệu thép này trong khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 550°C , vật liệu thép 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 mà, 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 sau quá trình cán nguội thứ nhất; bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ; và bước thực hiện bất kỳ một hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất sau quá trình cán nguội thứ hai. Hành trình cuối cùng của bước cán tinh trong quá trình cán nóng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} , tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 2 giờ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng, và tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

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

(2) Theo 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 bao gồm, 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) Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2), tấm thép này có thể được giữ trong khoảng thời gian từ 10 đến 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng.

(4) Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), tấm thép này có thể được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 750°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

(5) Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), quá trình cán nguội có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 80 đến 92% ở 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% ở bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

(6) Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5), quá trình ủ có thể được thực hiện trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} .

(7) Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6), cả quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất có thể được thực hiện.

Hiệu quả 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.

Theo khía cạnh được ưu tiên, sáng chế có thể đề 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) và có khả năng gia công vượt trội.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án của 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 trệch 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 được 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 ra sự 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 trong đó 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 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi trong bề mặt tấm. 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 đột dập trong lõi bằng cách gia tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Trong trường hợp trong đó 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 trong đó hàm lượng Si vượt quá 4,00%, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng giảm xuống, khả năng gia công 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 trong đó 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 0,005%, tốt hơn nữa là vượt quá 0,100%, ngay cả tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,200%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,300%.

Mặt khác, trong trường hợp trong đó 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 trong quá trình 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 0,500% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,400%.

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 quá trình kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ do sự kết tủa của MnS mịn. Trong trường hợp trong đó quá trình kết tinh lại 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 quá trình kết tinh lại và sự phát triển hạt, là rõ rệt trong trường hợp trong đó 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%

Vì 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, nên 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 trong đó tổng hàm lượng của các nguyên tố này vượt quá 5,00%, chi phí 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 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 thêm 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 trong đó 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 trong đó 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 trong đó 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 kết tinh lại. 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 trong đó 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 kết tinh lại. 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 trong đó P được chứa quá nhiều, gây ra sự giòn của thép. 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 các chất kết tủa của các nguyên tố tạo kết tủa thô, và ít có khả năng ức chế quá trình kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ, như quá trình ủ. Để thu được đủ các tác dụng này, được ưu tiên là tổng 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 trong đó tổng các nguyên tố tạo kết tủa thô vượt quá 0,0100%, tổng lượng sulfua và/hoặc oxysulfua là quá nhiều và quá trình kết tinh lại và sự phát triển hạt trong quá trình ủ, như quá trình ủ, 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 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 phần lọc thu được trong trường hợp trong đó 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. Các chi tiết của phương pháp sản xuất sẽ được mô tả sau đây, nhưng tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thành phần hóa học trong đó quá trình biến đổi α - γ có thể xảy ra và có cấu trúc trong đó các hạt {100} đã phát triển vì cấu trúc được tinh luyện bằng quá trình ủ cuối cùng hoặc quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện trong các điều kiện mong muốn nhờ quá trình cán nguội thứ nhất, quá trình ủ, và quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ). Do đó, chẳng hạn, cường độ tích hợp theo định hướng {100}<011> 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 được mô tả ở trên nhưng mật độ từ thông cao thu được trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi trong bề mặt tấm. Trong trường hợp trong đó cường độ tích hợp theo định hướng

$\{100\}<011>$ nhỏ hơn 5, cường độ tích hợp theo định hướng $\{111\}<112>$ làm giảm mật độ từ thông tăng lên. Kết quả là, nói chung mật độ từ thông bị giảm xuống.

Cường độ tích hợp theo định hướng $\{100\}<011>$ 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 tương tự của tia X và các chùm điện tử từ mẫu thay đổi phụ thuộc vào sự 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 trong đó 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 trong đó 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 trong đó 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 trong đó 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 1,700T. Hơn nữa, 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. 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° là 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 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 trong đó chiều dày tấm của tấm thép điện không định hướng theo phương án này nằm trong khoảng từ 0,30 đến 0,40mm, tổn hao do sắt W10/400 là nhỏ hơn hoặc bằng 20,00W/kg. Trong trường hợp trong đó quá trình ủ giảm ứng suất được mô tả sau đây được thực hiện, tổn hao do sắt W10/400 được giảm hơn nữa. Kết quả là, trong trường hợp trong đó chiều dày tấm nằm trong khoảng từ 0,30 đến 0,40mm, tổn hao do sắt W10/400 trở nên nhỏ hơn hoặc bằng 15,20W/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 trong đó từ trường AC có tần suất 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 $W_{10/400}$.

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, quá trình ủ, quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ), và bất kỳ một hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất được thực hiện.

Cụ thể, 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 và quăn vật liệu thép này trong khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 550°C; bước thực hiện quá trình cán nguội thứ nhất trên tấm thép cán nóng; bước thực hiện quá trình ủ sau quá trình cán nguội thứ nhất; bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ; và bước thực hiện bất kỳ một hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất sau quá trình cán nguội thứ hai. Hành trình cuối cùng của bước cán tinh trong quá trình cán nóng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} , tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 2 giờ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng, và tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này, tấm thép có thể được giữ trong khoảng thời gian từ 10 đến 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng.

Hơn nữa, tấm thép này có thể được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 750°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này, quá trình cán nguội có thể được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ

80 đến 92% ở 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% ở bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

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

Theo phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo phương án này, cả quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất có thể được thực hiện.

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 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 trong đó quá trình cán nguội được thực hiện trong trạng thái trong đó cấu trúc tinh thể được tinh luyện, sự 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} .

Hơn nữa, theo phương án này, bước ủ được thực hiện trong khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 550°C . Bước ủ được thực hiện trong khoảng nhiệt độ tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 530°C , tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 500°C , và ngay cả tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 480°C . Trong trường hợp trong đó vật liệu thép được làm nguội đến khoảng nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn 550°C , quá trình biến đổi thành ferit từ austenit được hoàn thành.

Trong trường hợp trong đó nhiệt độ ủ nhỏ hơn hoặc bằng 250°C , sự kết tinh

lại không xảy ra trong bước ủ và hạt đã gia công giữ nguyên. Do đó, cấu trúc tinh thể không được tinh luyện. Vì lý do này, nhiệt độ ủ nêu trên được đặt đến khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C. Nhiệt độ ủ nêu trên tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 300°C hoặc lớn hơn hoặc bằng 400°C.

Sau đó, cuộn có thể được ủ lại và bước tẩy gỉ có thể được thực hiện nếu cần. Sau đó cuộn này được ủ 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 phồng lên sau đó nhưng khó ủ tấm thép cán nóng. Vì lý do này, thao tác này có khả năng khó được thực hiện. Trong trường hợp trong đó 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 phồng lên sau đó, có thể tốt hơn là được kiểm soát.

Mức giảm cán tích lũy đề cập đến 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 được thực hiện sau quá trình cán nguội thứ nhất. Theo phương án này, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện trong khoảng nhiệt độ trong đó quá trình biến đổi thành austenit từ ferit không xảy ra. Nghĩa là, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} . Trong trường hợp trong đó quá trình ủ được thực hiện trong điều kiện như vậy, sự phồng lên xảy ra và các hạt {100} có khả năng được phát triển. Hơn nữa, được ưu tiên là thời gian ủ của quá trình ủ (thời gian giữ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1}) được đặt nằm trong khoảng từ 5 đến 60 giây. Hơn nữa, được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện ở nhiệt độ lớn hơn hoặc bằng 600°C, và được ưu tiên là quá trình ủ được thực hiện trong môi trường khí không oxy hóa.

Quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện sau quá trình ủ. Trong trường hợp trong đó quá trình cán nguội được thực hiện trong trạng thái trong đó sự

phòng lên xảy ra như được mô tả ở trên, các hạt $\{100\}$ phát triển tiếp từ phần trong đó sự phòng lên xuất hiện dưới dạng điểm bắt đầu. Được ưu tiên là mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được đặt nằm trong khoảng từ 5 đến 25%.

Mức giảm cán tích lũy được đề cập đến 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 chưa trải qua quá trình cán nguội thứ hai và chiều dày tấm t_1 của tấm thép đã trải qua quá trình cán nguội thứ hai.

Ứng suất ít có khả năng được tích tụ trong các hạt $\{100\}\langle 011\rangle$, và ứng suất có khả năng được tích tụ trong các hạt $\{111\}\langle 112\rangle$. Trong trường hợp trong đó bước ủ được thực hiện sau khi quá trình cán nguội thứ hai được thực hiện, các hạt $\{100\}\langle 011\rangle$ có ứng suất ít hơn xâm nhập các hạt $\{111\}\langle 112\rangle$ bằng cách sử dụng sự chênh lệch ứng suất làm lực dẫn động. Do đó, các hạt $\{100\}$ được 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).

Trong trường hợp trong đó mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ hai được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 5%, lượng ứng suất đủ có thể được đảm bảo và sự di chuyển biên hạt gây ra do ứng suất (SIBM) xuất hiện trong bước ủ tiếp theo. Kết quả là, các hạt $\{100\}\langle 011\rangle$ có thể được phát triển để được tăng lên.

Hơn nữa, trong trường hợp trong đó mức giảm cán tích lũy trong quá trình cán nguội thứ hai được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 25%, sự gia tăng quá mức lượng ứng suất có thể được ngăn chặn. Kết quả là, có thể ngăn chặn sự tạo mầm kết tinh lại trong đó các hạt mới được tạo ra từ các hạt $\langle 112\rangle$ xảy ra. Vì phần lớn các hạt được sinh ra trong quá trình tạo mầm kết tinh lại là các hạt $\langle 112\rangle$, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể suy giảm trong trường hợp trong đó xuất hiện sự tạo mầm kết tinh lại.

Trong trường hợp trong đó tấm thép điện không định hướng theo phương án này được kiểm soát để có sự phân bố ứng suất mong muốn, mức giảm cán tích lũy (%) trong quá trình cán nguội thứ nhất được ký hiệu bởi R_m , và mức giảm cán tích lũy (%) trong quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được ký hiệu bởi R_s , được ưu tiên là “ $86 < R_m + 0,2 \times R_s < 92$ ” và “ $5 < R_s < 20$ ” được thỏa mãn. Vì tấm thép điện không định hướng có sự phân bố ứng suất mong muốn, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Sau khi quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện, một quá trình bất kỳ hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất được thực hiện. Trong trường hợp trong đó quá trình ủ cuối cùng được thực hiện, quá trình ủ giảm ứng suất có thể hoặc có thể không được thực hiện sau đó. Hơn nữa, trong trường hợp trong đó quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện, quá trình ủ cuối cùng có thể hoặc có thể không được thực hiện trước khi quá trình ủ giảm ứng suất.

Trong trường hợp trong đó cả quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất được thực hiện, tấm thép điện không định hướng các đặc tính từ vượt trội hơn nữa có thể được sản xuất.

Vì ứng suất được tạo ra trong quá trình cán nguội thứ hai được giải phóng trong trường hợp trong đó quá trình ủ cuối cùng được thực hiện trong các điều kiện mong muốn, khả năng gia công và các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Hơn nữa, vì tác dụng giải phóng ứng suất được tạo ra do quá trình đột dập và tác dụng phát triển hơn nữa các hạt {100} có thể thu được trong trường hợp trong đó quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện trong các điều kiện mong muốn, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Tấm thép được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 2 giờ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng. Được ưu tiên là tấm thép cán nóng được giữ trong nhỏ hơn hoặc bằng 1 giờ. Quá trình ủ cuối cùng được thực hiện ở nhiệt độ tại đó ferit không bị biến đổi thành austenit để các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng không suy giảm. Vì lý do này, quá trình ủ cuối cùng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} . Vì các hạt {100} xâm nhập các hạt {111} trong trường hợp trong đó quá trình ủ cuối cùng được thực hiện trong các điều kiện như vậy, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Được ưu tiên là tấm thép được giữ trong khoảng thời gian từ 10 đến 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng. Vì ứng suất được tạo ra trong quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) có thể được giải phóng đủ trong trường hợp trong đó thời gian giữ được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 10 giây, có thể ngăn chặn được sự cong vênh tạo ra trong quá trình đột dập

thành hình dạng phức tạp, nghĩa là, khả năng gia công của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Trong trường hợp trong đó thời gian giữ được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 1200 giây, có thể ngăn chặn được việc các hạt trở nên quá thô. Kết quả là, có thể ngăn chặn được sự giảm độ chính xác đột dập gây ra bởi sự gia tăng độ võng trong quá trình đột dập, nghĩa là, khả năng gia công của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Hơn nữa, vì ứng suất được tạo ra trong quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) có thể được giải phóng đủ trong trường hợp tại đó nhiệt độ giữ được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 600°C , có thể ngăn chặn được sự cong vênh tạo ra trong quá trình đột dập thành hình dạng phức tạp, nghĩa là, khả năng gia công của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Bước đột dập được thực hiện nếu cần sau quá trình ủ cuối cùng hoặc sau quá trình cán nguội thứ hai (trong trường hợp trong đó quá trình ủ cuối cùng được bỏ qua). Do đó, tấm thép điện không định hướng được gia công thành hình dạng mong muốn.

Quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện sau quá trình cán nguội thứ hai hoặc sau quá trình cán tinh.

Tấm thép được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất. Vì tấm thép được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây, có thể thu được tác dụng giải phóng đủ ứng suất được tạo ra trong quá trình đột dập và tác dụng phát triển hơn nữa các hạt $\{100\}$. Kết quả là, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng có thể được cải thiện.

Trong trường hợp trong đó tấm thép được giữ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{c1} , một phần hoặc tất cả ferit được chuyển thành austenit và austenit được chuyển thành ferit trong quá trình làm nguội sau khi giữ. Kết quả là, sự định hướng $\{100\}\langle 011 \rangle$ bị giảm đáng kể, nên các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng suy giảm. Vì lý do này, nhiệt độ giữ trong quá trình ủ giảm ứng suất được đặt đến thấp hơn nhiệt độ A_{c1} .

Hơn nữa, mặc dù tấm thép được giữ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn 600°C , có thể không thu được tác dụng giải phóng ứng suất và tác dụng phát triển các hạt $\{100\}$ đã được mô tả ở trên. Vì lý do này, nhiệt độ giữ trong quá trình ủ giảm ứng suất được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 600°C .

Được ưu tiên là tấm thép được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 750°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất. Trong trường hợp trong đó tấm thép được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 750°C , tác dụng giải phóng ứng suất và tác dụng phát triển các hạt $\{100\}$ đã được mô tả ở trên có thể thu được một cách chắc chắn hơn.

Giới hạn trên của thời gian giữ không bị giới hạn đặc biệt, nhưng có thể được đặt đến, chẳng hạn, nhỏ hơn hoặc bằng 4 giờ hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 3 giờ.

Tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể được sản xuất bởi phương pháp nêu trên.

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 $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Tấm thép điện không định hướng theo phương án này được sử dụng thích hợp cho, chẳng hạn, lõi của máy điện quay. Trong trường hợp này, các tấm mỏng dạng tấm phẳng riêng rẽ được cắt ra khỏi tấm thép điện không định hướng theo phương án này và các tấm mỏng dạng tấm phẳng này được xếp lớp thích hợp, để tạo ra lõi cần được sử dụng cho máy điện quay. Vì tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội được sử dụng cho lõi này, tổn hao do sắt của lõi là thấp. Kết quả là, thu được máy điện quay có mômen xoắn vượt trội.

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. Về 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.

Nhiệt độ kết thúc bước cán tinh là 800°C , và là nhiệt độ cao hơn các nhiệt độ A_{r1} của tất cả các tấm thép.

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 thứ nhất 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 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 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.

Các nhiệt độ A_{c1} của tất cả các ví dụ được thể hiện trong bảng 1 bằng khoảng 850°C . 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 cuối cùng được thực hiện. Các nhiệt độ đạt được (các nhiệt độ giữ) và số lần giữ trong trường hợp này được thể hiện trong bảng 2.

Để đánh giá khả năng gia công của tấm thép điện không định hướng, thử nghiệm để đánh giá độ chính xác đột dập được thực hiện sau quá trình ủ cuối cùng. Khuôn đột

dập có kích thước $3\text{mm} \times 50\text{mm}$ được sử dụng trong thử nghiệm để đo hình dạng của vật liệu được đột dập. Bước đột dập được thực hiện để hướng cạnh dài song song với hướng cán của tấm thép. Cạnh dài và cạnh ngắn của vật liệu được đột dập được đo trong quá trình đo hình dạng, và một đầu của vật liệu được đột dập theo hướng cạnh dài được ấn bằng ngón tay và khoảng cách nâng của đầu kia của chúng được đo.

Sau khi quá trình ủ cuối cùng được thực hiện, quá trình ủ giảm ứng suất để giữ các tấm thép trong 2 giờ ở 800°C được thực hiện. Sau quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện, các mật độ từ thông B50 được đo bằng cách sử dụng thiết bị đo từ đơn tấm. Các mẫu hình vuông 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 gọi là mật độ từ thông B50 theo hướng 45° . Mức trung bình chu vi toàn bộ 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 các 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 suất 400Hz được đặt vào để mật độ từ thông cực đại bằng $1,0\text{T}$, 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											Vé trái của biểu thức
	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au
101	0,0013	2,50	0,013	0,0020	0,0022	3,12	---	---	---	---	---	---
102	0,0010	2,51	0,012	0,0017	0,0019	---	3,11	---	---	---	---	---
103	0,0008	2,51	0,009	0,0023	0,0018	---	---	3,08	---	---	---	---
104	0,0011	2,54	0,012	0,0021	0,0018	---	---	---	3,08	---	---	---
105	0,0011	2,48	0,010	0,0024	0,0019	---	---	---	---	3,08	---	---
106	0,0008	2,53	0,011	0,0017	0,0023	---	---	---	---	---	3,10	---
107	0,0010	2,52	0,013	0,0019	0,0018	---	---	---	---	---	---	3,08
108	0,0011	2,49	0,010	0,0022	0,0024	3,12	---	---	---	---	---	---
109	0,0014	2,48	0,011	0,0020	0,0021	3,07	---	---	---	---	---	---
110	0,0012	2,48	0,007	0,0019	0,0022	3,11	---	---	---	---	---	---
111	0,0007	2,51	0,010	0,0019	0,0021	3,14	---	---	---	---	---	---
112	0,0007	2,49	0,009	0,0018	0,0023	3,10	---	---	---	---	---	---
113	0,0011	2,51	0,014	0,0023	0,0019	3,14	---	---	---	---	---	---
114	0,0014	2,53	0,010	0,0017	0,0017	3,09	---	---	---	---	---	---
115	0,0013	2,46	0,010	0,0020	0,0023	3,09	---	---	---	---	---	---
116	0,0012	2,49	0,013	0,0021	0,0023	3,09	---	---	---	---	---	---
117	0,0012	2,47	0,007	0,0020	0,0017	3,08	---	---	---	---	---	---
118	0,0011	2,47	0,009	0,0018	0,0018	3,09	---	---	---	---	---	---
119	0,0008	2,50	0,010	0,0021	0,0021	3,12	---	---	---	---	---	---
120	0,0010	2,48	0,298	0,0021	0,0022	3,40	---	---	---	---	---	---
121	0,0011	2,49	0,299	0,0019	0,0020	---	3,42	---	---	---	---	---

122	0,0010	2,49	0,301	0,0022	0,0022	---	---	3,41	---	---	---	0,62
123	0,0009	2,52	0,302	0,0021	0,0020	---	---	---	3,39	---	---	0,56
124	0,0011	2,51	0,298	0,0022	0,0021	---	---	---	---	3,41	---	0,60
125	0,0011	2,49	0,297	0,0019	0,0022	---	---	---	---	3,41	---	0,62
126	0,0009	2,50	0,299	0,0019	0,0018	---	---	---	---	---	3,41	0,61
127	0,0011	2,50	0,298	0,0018	0,0020	3,38	---	---	---	---	---	0,59
128	0,0009	2,50	0,297	0,0021	0,0018	3,40	---	---	---	---	---	0,60
129	0,0008	2,51	0,297	0,0020	0,0019	3,40	---	---	---	---	---	0,59
130	0,0008	2,49	0,299	0,0019	0,0019	3,42	---	---	---	---	---	0,63
131	0,0010	2,50	0,303	0,0021	0,0020	3,42	---	---	---	---	---	0,61
132	0,0011	2,54	0,600	0,0020	0,0022	3,71	---	---	---	---	---	0,57

Bảng 2

Số	Cán nóng	Các điều kiện của quá trình ủ cuối cùng		Thử nghiệm đột dập			Các đặc tính từ sau khi bước ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C			Lưu ý
	Nhiệt độ quán (°C)	Nhiệt độ đạt được (°C)	Thời gian trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn Ac1 (giờ)	Chiều dài của cạnh dài (mm)	Chiều dài của cạnh ngắn (mm)	Khoảng cách nâng (μm)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)	
101	500	700	30	49,997	2,999	0	1,812	1,678	15,15	Ví dụ của sáng chế
102	500	700	30	49,997	2,999	0	1,811	1,681	15,03	Ví dụ của sáng chế
103	500	700	30	49,997	2,999	0	1,811	1,677	15,05	Ví dụ của sáng chế
104	500	700	30	49,997	2,999	0	1,812	1,681	15,01	Ví dụ của sáng chế
105	500	700	30	49,997	2,999	0	1,810	1,677	15,11	Ví dụ của sáng chế
106	500	700	30	49,997	2,999	0	1,812	1,677	15,06	Ví dụ của sáng chế
107	500	700	30	49,997	2,999	0	1,813	1,676	15,14	Ví dụ của sáng chế
108	500	650	30	49,997	2,999	0	1,810	1,676	15,17	Ví dụ của sáng chế
109	500	750	30	49,997	2,999	0	1,809	1,679	15,10	Ví dụ của sáng chế
110	500	800	30	49,997	2,999	0	1,811	1,681	15,02	Ví dụ của sáng chế
111	500	900	30	49,990	2,995	0	1,528	1,613	19,13	Ví dụ so sánh
112	500	700	15	49,997	2,999	10	1,809	1,683	15,19	Ví dụ của sáng chế
113	500	700	120	49,996	2,998	0	1,810	1,682	15,05	Ví dụ của sáng chế
114	500	700	1100	49,995	2,998	0	1,811	1,683	15,18	Ví dụ của sáng chế
115	500	700	1500	49,992	2,996	0	1,814	1,678	15,17	Ví dụ của sáng chế
116	500	700	7200	49,991	2,995	0	1,814	1,680	15,15	Ví dụ của sáng chế
117	500	700	5	49,998	3,000	156	1,814	1,677	15,17	Ví dụ của sáng chế

118	600	700	30	49,997	2,999	0	1,788	1,648	16,53	Ví dụ so sánh
119	200	700	30	49,997	2,999	0	1,791	1,651	16,42	Ví dụ so sánh
120	500	700	30	49,997	2,999	0	1,805	1,669	14,73	Ví dụ của sáng chế
121	500	700	30	49,997	2,999	0	1,804	1,669	14,70	Ví dụ của sáng chế
122	500	700	30	49,997	2,999	0	1,806	1,667	14,77	Ví dụ của sáng chế
123	500	700	30	49,997	2,999	0	1,804	1,669	14,73	Ví dụ của sáng chế
124	500	700	30	49,997	2,999	0	1,803	1,669	14,76	Ví dụ của sáng chế
125	500	700	30	49,997	2,999	0	1,806	1,671	14,80	Ví dụ của sáng chế
126	500	700	30	49,997	2,999	0	1,804	1,669	14,67	Ví dụ của sáng chế
127	600	700	30	49,997	2,999	0	1,784	1,643	15,25	Ví dụ so sánh
128	400	700	30	49,997	2,999	0	1,803	1,670	14,76	Ví dụ của sáng chế
129	300	700	30	49,997	2,999	0	1,801	1,665	14,82	Ví dụ của sáng chế
130	200	700	30	49,997	2,999	0	1,784	1,643	15,27	Ví dụ so sánh
131	500	900	30	49,990	2,995	0	1,518	1,608	19,17	Ví dụ so sánh
132	500	700	30	49,997	2,999	0	1,801	1,661	14,21	Ví dụ của sáng chế

Đường gạch chân được thể hiện trong bảng 2 cho biết các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các số từ 101 đến 110, các số từ 112 đến 114, các số từ 120 đến 126, số 128, và các số từ 129 và 132, là các ví dụ của sáng chế, có khả năng gia công vượt trội (cũng có độ chính xác kích thước cao sau khi đột dập và gần như không có khoảng cách nâng), và có 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). Hơn nữa, các số từ 115 đến 117, là các ví dụ của sáng chế, có các đặc tính từ vượt trội nhưng hơi kém so với các ví dụ khác của sáng chế dựa trên cơ sở khả năng gia công.

Mặt khác, vì nhiệt độ giữ của số 111, mà là ví dụ so sánh, trong quá trình ủ cuối cùng cao hơn nhiệt độ Ac1, độ chính xác kích thước của số 111 bị suy giảm và mật độ từ thông của chúng cũng suy giảm. Hơn nữa, vì các nhiệt độ ủ của các số 118, 119, 127, và 130, là các ví dụ so sánh, là không thích hợp, các mật độ từ thông của chúng suy giảm và/hoặc các tổn hao do sắt của chúng tăng lên.

Ví dụ thứ hai

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 3 mô tả dưới đây. Vế trái của biểu thức được thể hiện trong bảng 3 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 4, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm.

Các tấm thép cán nóng được làm nguội đến 500°C bằng nước sau khi cán tinh, và sau đó được cuộn.

Nhiệt độ kết thúc bước cán tinh là 800°C , và là nhiệt độ cao hơn các nhiệt độ Ar1 của tất cả các tấm thép.

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 thứ nhất 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 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 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 cuối cùng để giữ các tấm thép trong 30 giây ở 700°C, thấp hơn các nhiệt độ Ac1 của tất cả các tấm thép, được thực hiện. Sau đó, việc đánh giá khả năng gia công và đo các mật độ từ thông B50 và các tổn hao do sắt W10/400 được thực hiện bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất. Các nhiệt độ Ar1 và các nhiệt độ Ac1 được đo bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất.

Bảng 3

Thành phần hóa học (% khối lượng), phần còn lại là sắt và các tạp chất																				
Số	C	Si	sol-Al	S	N	Mn	Sn	Sb	P	Mg	Ca	Sr	Ba	Ce	La	Nd	Pr	Zn	Cd	Vé trái của biểu thức
201	0,0010	2,46	0,013	0,0023	0,0024	3,08	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,60
202	0,0007	2,50	0,013	0,0019	0,0020	3,11	0,050	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,59
203	0,0011	2,54	0,007	0,0018	0,0022	3,10	---	0,054	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,56
204	0,0012	2,49	0,011	0,0021	0,0020	3,12	---	---	0,047	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,62
205	0,0006	2,47	0,011	0,0018	0,0019	3,09	---	---	---	0,0047	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,61
206	0,0014	2,49	0,010	0,0018	0,0022	3,08	---	---	---	---	0,0048	---	---	---	---	---	---	---	---	0,58
207	0,0007	2,51	0,008	0,0018	0,0023	3,08	---	---	---	---	---	0,0048	---	---	---	---	---	---	---	0,56
208	0,0012	2,51	0,013	0,0017	0,0023	3,10	---	---	---	---	---	---	0,0052	---	---	---	---	---	---	0,57
209	0,0010	2,46	0,008	0,0020	0,0019	3,09	---	---	---	---	---	---	---	0,0053	---	---	---	---	---	0,62
210	0,0010	2,49	0,009	0,0021	0,0020	3,09	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0052	---	---	---	---	0,59
211	0,0012	2,51	0,010	0,0021	0,0018	3,09	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0050	---	---	---	0,58
212	0,0008	2,49	0,006	0,0016	0,0024	3,13	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0052	---	---	0,63
213	0,0006	2,48	0,007	0,0017	0,0018	3,14	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0054	---	0,65
214	0,0007	2,53	0,008	0,0021	0,0024	3,10	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,0050	0,57
215	0,0008	2,50	0,306	0,0023	0,0022	3,42	0,051	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,61
216	0,0012	2,53	0,601	0,0019	0,0020	3,73	0,050	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	0,60

Bảng 4

Số	Các điều kiện của quá trình ủ cuối cùng		Thử nghiệm đột dập				Các đặc tính từ sau khi bước ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C			Lưu ý
	Nhiệt độ đạt được (°C)	Thời gian trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn Ac1 (giây)	Chiều dài của cạnh dài (mm)	Chiều dài của cạnh ngắn (mm)	Khoảng cách nâng (µm)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)		
201	700	30	49,997	2,999	0	1,807	1,678	15,13	Ví dụ của sáng chế	
202	700	30	49,997	2,999	0	1,821	1,688	15,07	Ví dụ của sáng chế	
203	700	30	49,997	2,999	0	1,821	1,689	15,07	Ví dụ của sáng chế	
204	700	30	49,997	2,999	0	1,822	1,693	15,12	Ví dụ của sáng chế	
205	700	30	49,997	2,999	0	1,811	1,681	14,72	Ví dụ của sáng chế	
206	700	30	49,997	2,999	0	1,811	1,682	14,67	Ví dụ của sáng chế	
207	700	30	49,997	2,999	0	1,807	1,677	14,68	Ví dụ của sáng chế	
208	700	30	49,997	2,999	0	1,813	1,682	14,67	Ví dụ của sáng chế	
209	700	30	49,997	2,999	0	1,811	1,679	14,71	Ví dụ của sáng chế	
210	700	30	49,997	2,999	0	1,812	1,682	14,74	Ví dụ của sáng chế	
211	700	30	49,997	2,999	0	1,808	1,682	14,70	Ví dụ của sáng chế	
212	700	30	49,997	2,999	0	1,814	1,678	14,74	Ví dụ của sáng chế	
213	700	30	49,997	2,999	0	1,807	1,679	14,67	Ví dụ của sáng chế	
214	700	30	49,997	2,999	0	1,813	1,677	14,71	Ví dụ của sáng chế	
215	700	30	49,997	2,999	0	1,815	1,683	14,66	Ví dụ của sáng chế	
216	700	30	49,997	2,999	0	1,809	1,677	14,25	Ví dụ của sáng chế	

Tất cả các số từ 201 đến 216 là các ví dụ của sáng chế, đều vượt trội về khả năng gia công (có độ chính xác kích thước tốt sau bước đột dập và có các khoảng cách nâng ngắn), và có các đặc tính từ vượt trội (các mật độ từ thông B50 cao và các tổn hao do sắt W10/400 thấp). Đặc biệt, 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. 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 thấp hơn tổn hao do sắt W10/400 của số 202, nhưng các mật độ từ thông B50 của các số từ 215 và 216 thấp hơn mật độ từ thông B50 của số 202.

Ví dụ thứ ba

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 5 được mô tả dưới đây. Vế trái của biểu thức được thể hiện trong bảng 5 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 6, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm.

Nhiệt độ kết thúc bước cán tinh là 800°C , và là nhiệt độ cao hơn các nhiệt độ Ar1 của tất cả các tấm thép.

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 thứ nhất 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 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 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.

Các nhiệt độ Ac1 của tất cả các ví dụ được thể hiện trong bảng 5 bằng khoảng 850°C .

Sau khi quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện, quá trình ủ cuối cùng được thực hiện. Các nhiệt độ đạt được (các nhiệt độ giữ) và số lần giữ trong trường

hợp này được thể hiện trong bảng 6. Sau đó, việc đánh giá khả năng gia công và đo các mật độ từ thông B50 và các tổn hao do sắt W10/400 được thực hiện bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất. Các nhiệt độ Ar1 và các nhiệt độ Ac1 được đo bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất.

Quá trình ủ giảm ứng suất không được thực hiện trong ví dụ này.

Bảng 5

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	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	
301	0,0010	2,48	0,011	0,0018	0,0018	3,08	---	---	---	---	---	---	0,59
302	0,0012	2,54	0,011	0,0019	0,0019	---	3,09	---	---	---	---	---	0,54
303	0,0012	2,51	0,011	0,0018	0,0020	---	---	3,10	---	---	---	---	0,57
304	0,0008	2,48	0,011	0,0019	0,0019	---	---	---	3,12	---	---	---	0,63
305	0,0009	2,53	0,011	0,0018	0,0021	---	---	---	---	3,07	---	---	0,53
306	0,0009	2,53	0,011	0,0020	0,0021	---	---	---	---	---	3,11	---	0,57
307	0,0008	2,48	0,011	0,0021	0,0020	---	---	---	---	---	---	3,08	0,59
308	0,0011	2,51	0,011	0,0019	0,0020	3,09	---	---	---	---	---	---	0,57
309	0,0008	2,51	0,011	0,0020	0,0022	3,14	---	---	---	---	---	---	0,61
310	0,0011	2,52	0,011	0,0020	0,0019	3,10	---	---	---	---	---	---	0,56
311	0,0010	2,47	0,011	0,0018	0,0018	3,06	---	---	---	---	---	---	0,58
312	0,0010	2,53	0,011	0,0019	0,0019	3,08	---	---	---	---	---	---	0,53
313	0,0010	2,48	0,011	0,0018	0,0020	3,11	---	---	---	---	---	---	0,62
314	0,0009	2,47	0,011	0,0020	0,0021	3,07	---	---	---	---	---	---	0,58
315	0,0010	2,49	0,011	0,0021	0,0019	3,08	---	---	---	---	---	---	0,58
316	0,0012	2,53	0,011	0,0020	0,0022	3,08	---	---	---	---	---	---	0,54
317	0,0008	2,49	0,011	0,0019	0,0018	3,06	---	---	---	---	---	---	0,56
318	0,0008	2,51	0,011	0,0020	0,0021	3,08	---	---	---	---	---	---	0,56
319	0,0011	2,49	0,011	0,0020	0,0022	3,11	---	---	---	---	---	---	0,61
320	0,0012	2,48	0,300	0,0020	0,0021	3,37	---	---	---	---	---	---	0,59
321	0,0011	2,52	0,600	0,0019	0,0021	3,73	---	---	---	---	---	---	0,61

Bảng 6

Số	Cán nóng Nhiệt độ quán (°C)	Các điều kiện của quá trình ủ cuối cùng		Thử nghiệm đột dập			Các đặc tính từ sau khi bước ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C		Lưu ý
		Nhiệt độ đạt được (°C)	Thời gian trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn Ac1 (giờ)	Chiều dài của cạnh dài (mm)	Chiều dài của cạnh ngắn (mm)	Khoảng cách nâng (µm)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	
301	500	700	30	49,997	2,999	0	1,819	1,690	Ví dụ của sáng chế 19,56
302	500	700	30	49,997	2,999	0	1,819	1,694	Ví dụ của sáng chế 19,62
303	500	700	30	49,997	2,999	0	1,818	1,686	Ví dụ của sáng chế 19,58
304	500	700	30	49,997	2,999	0	1,818	1,691	Ví dụ của sáng chế 19,57
305	500	700	30	49,997	2,999	0	1,818	1,690	Ví dụ của sáng chế 19,63
306	500	700	30	49,997	2,999	0	1,821	1,688	Ví dụ của sáng chế 19,60
307	500	700	30	49,997	2,999	0	1,823	1,687	Ví dụ của sáng chế 19,61
308	500	650	30	49,997	2,999	0	1,821	1,689	Ví dụ của sáng chế 19,59
309	500	750	30	49,997	2,999	0	1,820	1,694	Ví dụ của sáng chế 19,59
310	500	800	30	49,997	2,999	0	1,822	1,690	Ví dụ của sáng chế 19,60
311	500	900	30	49,990	2,995	0	1,529	1,614	Ví dụ so sánh 21,14
312	500	700	15	49,997	2,999	8	1,820	1,692	Ví dụ của sáng chế 19,63
313	500	700	120	49,996	2,998	0	1,817	1,687	Ví dụ của sáng chế 19,59
314	500	700	1100	49,995	2,998	0	1,824	1,689	Ví dụ của sáng chế 19,62
315	500	700	1500	49,992	2,996	0	1,817	1,691	Ví dụ của sáng chế 19,59
316	500	700	7200	49,991	2,995	0	1,822	1,691	Ví dụ của sáng chế 19,60
317	500	700	5	49,998	3,000	161	1,817	1,688	Ví dụ của sáng chế 19,58
318	600	700	30	49,997	2,999	0	1,800	1,672	Ví dụ so sánh 20,56
319	200	700	30	49,997	2,999	0	1,802	1,670	Ví dụ so sánh 20,58
320	500	700	30	49,997	2,999	0	1,812	1,682	Ví dụ của sáng chế 18,50
321	500	700	30	49,997	2,999	0	1,805	1,677	Ví dụ của sáng chế 17,51

Đường gạch chân được thể hiện trong bảng 6 cho biết các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các số từ 301 đến 310, các số từ 312 đến 314, và các số từ 320 và 321, là các ví dụ của sáng chế, có khả năng gia công vượt trội (cũng có độ chính xác kích thước cao sau bước đột dập và gần như không có khoảng cách nâng), và có 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). Hơn nữa, các số từ 315 đến 317, là các ví dụ của sáng chế, có các đặc tính từ tốt nhưng hơi kém so với các ví dụ khác của sáng chế dựa trên cơ sở khả năng gia công.

Mặt khác, vì nhiệt độ giữ của số 311, là ví dụ so sánh, trong quá trình ủ cuối cùng cao hơn nhiệt độ Ac1, độ chính xác kích thước của số 311 bị suy giảm và mật độ từ thông của chúng cũng bị suy giảm. Hơn nữa, vì các nhiệt độ ủ của các số 318 và 319, là các ví dụ so sánh, là không thích hợp, các mật độ từ thông của chúng bị suy giảm và các tổn hao do sắt của chúng bị tăng lên.

Ví dụ thứ tư

Thép nóng chảy được đúc để tạo ra các phôi tấm có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 7 được mô tả dưới đây. Vế trái của biểu thức được thể hiện trong bảng 7 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 8, để thu được các tấm thép cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,5mm.

Nhiệt độ kết thúc bước cán tinh bằng 800°C , và là nhiệt độ cao hơn các nhiệt độ Ar1 của tất cả các tấm thép.

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 thứ nhất 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 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 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.

Các nhiệt độ Ac1 của tất cả các ví dụ được thể hiện trong bảng 7 bằng khoảng 850°C.

Sau khi quá trình cán nguội thứ hai (dát ép nhẹ) được thực hiện, khả năng gia công được đánh giá bằng cùng một phương pháp như trong ví dụ thứ nhất.

Quá trình ủ cuối cùng không được thực hiện trong ví dụ này.

Quá trình ủ giảm ứng suất để giữ các tấm thép trong 2 giờ ở 800°C được thực hiện sau thử nghiệm để đánh giá khả năng gia công. Sau khi quá trình ủ giảm ứng suất được thực hiện, các mật độ từ thông B50 và các tổn hao do sắt W10/400 được đo bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất. Các nhiệt độ Ar1 và các nhiệt độ Ac1 được đo bằng cùng các phương pháp như trong ví dụ thứ nhất.

Bảng 7

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	Ni	Co	Pt	Pb	Cu	Au	
401	0,0008	2,49	0,010	0,0021	0,0019	3,14	---	---	---	---	---	---	0,64
402	0,0011	2,50	0,009	0,0022	0,0020	---	3,13	---	---	---	---	---	0,62
403	0,0011	2,51	0,009	0,0019	0,0019	---	---	3,14	---	---	---	---	0,62
404	0,0009	2,51	0,011	0,0021	0,0021	---	---	---	3,12	---	---	---	0,60
405	0,0012	2,52	0,010	0,0021	0,0022	---	---	---	---	3,13	---	---	0,61
406	0,0011	2,49	0,012	0,0020	0,0021	---	---	---	---	---	3,11	---	0,61
407	0,0011	2,51	0,009	0,0022	0,0018	---	---	---	---	---	---	3,11	0,59
408	0,0011	2,51	0,010	0,0020	0,0019	3,11	---	---	---	---	---	---	0,58
409	0,0011	2,48	0,010	0,0019	0,0020	3,11	---	---	---	---	---	---	0,61
410	0,0008	2,51	0,013	0,0019	0,0019	3,12	---	---	---	---	---	---	0,59
411	0,0009	2,52	0,011	0,0018	0,0020	3,39	---	---	---	---	---	---	0,86
412	0,0009	2,48	0,012	0,0020	0,0019	3,69	---	---	---	---	---	---	1,19

Bảng 8

Số	Cán nóng Nhiệt độ quán (°C)	Thử nghiệm đột dập			Các đặc tính từ sau khi bước ủ được thực hiện trong 2 giờ ở 800°C			Lưu ý
		Chiều dài của cạnh dài (mm)	Chiều dài của cạnh ngắn (mm)	Khoảng cách nâng (μ m)	B50 theo hướng 45° (T)	B50 trên mức trung bình trên toàn bộ chu vi (T)	W10/400 (W/kg)	
401	500	49,997	2,999	185	1,812	1,677	15,17	Ví dụ của sáng chế
402	500	49,997	2,999	188	1,811	1,676	15,10	Ví dụ của sáng chế
403	500	49,997	2,999	186	1,810	1,679	15,11	Ví dụ của sáng chế
404	500	49,997	2,999	197	1,810	1,679	15,11	Ví dụ của sáng chế
405	500	49,997	2,999	179	1,808	1,679	15,11	Ví dụ của sáng chế
406	500	49,997	2,999	190	1,810	1,677	15,13	Ví dụ của sáng chế
407	500	49,997	2,999	194	1,809	1,676	15,12	Ví dụ của sáng chế
408	500	49,997	2,999	176	1,812	1,678	15,15	Ví dụ của sáng chế
409	600	49,997	2,999	199	1,788	1,647	16,53	Ví dụ so sánh
410	200	49,997	2,999	168	1,792	1,650	16,38	Ví dụ so sánh
411	500	49,997	2,999	170	1,805	1,674	14,66	Ví dụ của sáng chế
412	500	49,997	2,999	198	1,798	1,669	14,13	Ví dụ của sáng chế

Đường gạch chân được thể hiện trong bảng 8 cho biết các điều kiện nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Các số từ 401 đến 408 và các số từ 411 và 412, là các ví dụ của sáng chế, có độ chính xác kích thước tốt sau bước đột dập nhưng có khoảng cách nâng nhẹ. Hơn nữa, các số từ 401 đến 408 và các số từ 411 và 412 có 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).

Mặt khác, vì các nhiệt độ quăn của các số 409 và 410, là các ví dụ so sánh, là không thích hợp, các mật độ từ thông của chúng bị suy giảm và các tổn hao do sắt của chúng bị tăng lên.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

bước thu nhận tấm thép cán nóng bằng cách thực hiện quá trình cán nóng trên vật liệu thép và quần vật liệu thép này trong khoảng nhiệt độ cao hơn 250°C và bằng hoặc thấp hơn 550°C, 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 mà, 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 sau quá trình cán nguội thứ nhất;

bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai sau quá trình ủ; và

bước thực hiện bất kỳ một hoặc cả hai quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất sau quá trình cán nguội thứ hai,

trong đó hành trình cuối cùng của bước cán tinh trong quá trình cán nóng được thực hiện trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn nhiệt độ A_{r1} ,

tấm thép được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn hoặc bằng 2 giờ trong khoảng nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng, và

tấm thép được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

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

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 bao gồm, 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 tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian từ 10 đến 1200 giây trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 600°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ cuối cùng.

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 tấm thép này được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 1 giờ trong khoảng nhiệt độ bằng hoặc cao hơn 750°C và thấp hơn nhiệt độ A_{c1} trong quá trình ủ giảm ứng suất.

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

trong đó quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán tích lũy nằm trong khoảng từ 80 đến 92% ở 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% ở bước thực hiện quá trình cán nguội thứ hai.

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

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

7. Phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6,

trong đó cả quá trình ủ cuối cùng và ủ giảm ứng suất được thực hiện.