



(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)



1-0051591

(51)^{2020.01} C21D 9/46; C21D 6/00

(13) B

(21) 1-2020-05739

(22) 25/03/2019

(86) PCT/CN2019/079442 25/03/2019

(87) WO2019/184838 03/10/2019

(30) 201810272499.X 29/03/2018 CN

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/12/2020 393A

(73) BAOSHAN IRON & STEEL CO., LTD. (CN)

885 Fujin Road, Baoshan District Shanghai 201900 (CN)

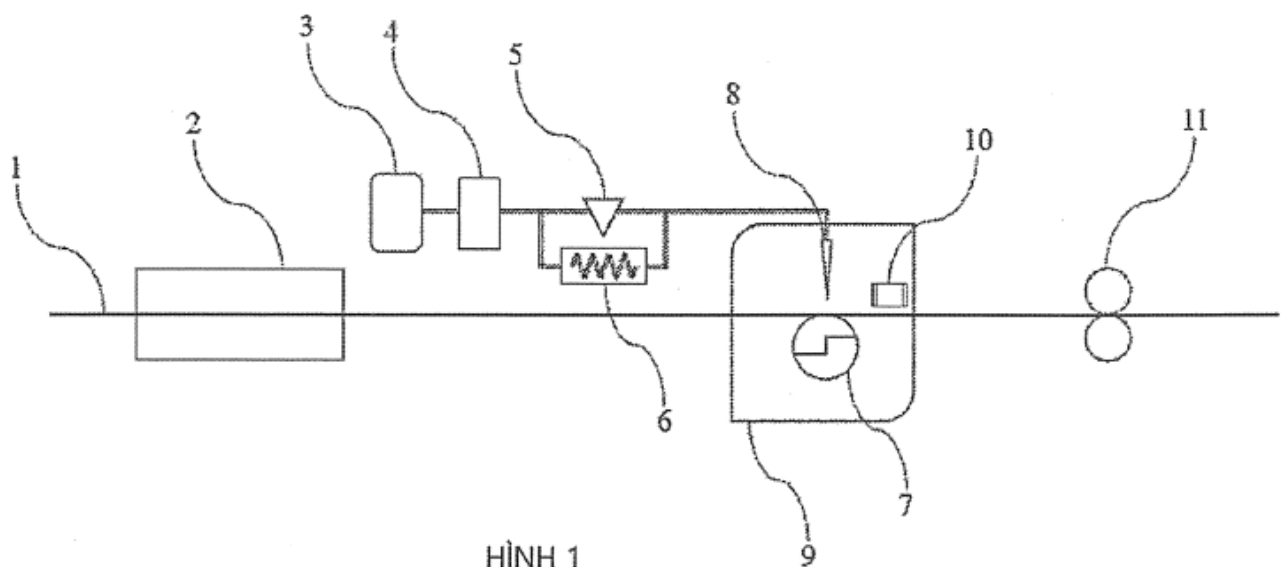
(72) ZHANG, Huabing (CN); CHU, Shuangjie (CN); LI, Guobao (CN); XIAO, Wen (CN); LIU, Baojun (CN); YANG, Yongjie (CN); SHEN, Kanyi (CN); HAN, Dan (CN); HU, Zhining (CN).

(74) Công ty TNHH ASL LAW (ASL LAW CO.,LTD)

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP KỸ THUẬT ĐIỆN ĐƯỢC ĐỊNH HƯỚNG CHỨA LƯỢNG CAO HẠT SILIC

(21) 1-2020-05739

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic, hàm lượng silic của thép điện định hướng hạt silic cao lớn hơn 4 % trọng lượng, bao gồm các bước: (1) thực hiện xử lý nhiệt khử cacbon của tấm thép cán nguội; (2) cho phép các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn va chạm ở tốc độ cao với bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun, do đó tạo ra lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic trên bề mặt của tấm thép cần được phun; (3) phủ tác nhân giải phóng và sấy khô; và (4) xử lý nhiệt. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế là không tốn kém, và tấm thép điện định hướng chứa lượng cao hạt silic được sản xuất có chất lượng ổn định và được cung cấp hiệu suất từ tính lớn.



HÌNH 1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép điện, và cụ thể hơn là phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa hạt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tấm thép điện thường được chia thành các tấm thép điện định hướng hạt và tấm thép điện không định hướng. Trong số chúng, tấm thép điện định hướng hạt có hàm lượng silic khoảng 3 % trọng lượng và kết cấu pha lê với định hướng hạt (110). Nó có hiệu suất từ tốt dọc theo hướng cán và có thể được sử dụng làm vật liệu cốt lõi của máy biến áp, động cơ, máy phát điện và các thiết bị điện tử khác.

Trong những năm gần đây, tần suất hoạt động của một số linh kiện điện và điện tử được tăng lên để nâng cao hiệu suất, độ nhạy và giảm kích thước, do đó nhu cầu về vật liệu lõi sắt có đặc tính từ tính tần số cao ngày càng tăng. Tấm thép silic cao chứa 6,5 % trọng lượng Si có hệ số ma sát từ (λ_s) gần đúng bằng 0, do đó làm giảm đáng kể sự mất sắt dưới tần số cao, độ thấm từ tối đa cao (μ_m), và lực cưỡng bức cảm ứng từ thấp (H_c), phù hợp nhất để sản xuất động cơ và âm thanh với máy biến áp tần số cao và tốc độ cao, cuộn cảm và tấm chắn từ ở tần số cao, đồng thời cũng có thể được sử dụng để giảm tiêu thụ năng lượng động cơ và cải thiện hiệu suất động cơ.

Tuy nhiên, tấm thép silic cao không thể được sản xuất bằng các quy trình thông thường như cán nóng, cán nguội và xử lý nhiệt theo phương pháp trước đây. Trong lĩnh vực kỹ thuật trước đó, Công bố sáng chế của Trung Quốc số CN107217129A, ngày 29 tháng 9 năm 2017, có tên sáng chế là "Thép tấm silic cao với khả năng xử lý tốt và các tính chất từ tính và phương pháp sản xuất của chúng", bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép silic cao, trong đó - Xe đẩy được sử dụng để đúc trực tiếp các dải silic cao có độ dày từ 5mm trở xuống và hàm lượng Si 4% đến 7%, hàm lượng Al 0,5% đến 3% và hỗn hợp Si và hàm lượng Al 4,5% đến 8%, tiếp theo là các quá trình cán nóng, cán nguội và xử lý nhiệt để thu được sản phẩm cuối cùng. Công bố sáng chế Trung Quốc số CN1692164A ngày 2 tháng 11 năm 2005, có tên là "Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ

thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic với hiệu suất mất sắt tốt", bọc lộ tấm thép điện định hướng hạt silic cao, trong đó, dựa trên phương pháp thông thường để sản xuất thép silic định hướng, bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon được phủ tác nhân bao phủ bột silic hóa bunn, và sau đó phản ứng khuếch tán silic được kích hoạt trong quá trình xử lý nhiệt độ cao ở 1200°C để thu được tấm thép silic cao. Mặc dù các sản phẩm được sản xuất bằng các phương pháp trên có đặc tính từ tính rất tốt, nhưng việc sản xuất hàng loạt theo phương pháp này rất khó khăn do chi phí chế tạo cao và chất lượng sản phẩm không ổn định nên phương pháp này khó thương mại hóa.

Theo đó, cần có phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic với chi phí thấp và tấm thép điện định hướng hạt silic cao được sản xuất có chất lượng ổn định và đặc tính từ tính tốt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích theo sáng chế là đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic với chi phí thấp và tấm thép điện định hướng hạt silic cao được sản xuất có chất lượng ổn định và đặc tính từ tính tốt.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic, trong đó tấm thép điện định hướng hạt silic cao có hàm lượng silic lớn hơn 4% trọng lượng, phương pháp bao gồm các bước:

- (1) thực hiện khử cacbon xử lý nhiệt với tấm thép được cán nguội;
- (2) có các hạt hợp kim chứa lượng cao silic của tình trạng rắn hoàn toàn va chạm với bề mặt của tấm thép đã xử lý nhiệt khử cacbon được phun ở tốc độ cao, từ đó tạo ra hợp kim silic cao bao phủ trên bề mặt của tấm thép cần được phun;
- (3) bao phủ tác nhân phân tách và sấy khô;
- (4) xử lý nhiệt.

Ở bước (2) của phương pháp trên, tức là trong quá trình phun nguội, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic không bị nóng chảy trước khi va chạm vào bề mặt tấm thép cần được phun ở tốc độ cao. Các hạt hợp kim chứa lượng cao silic trải qua biến dạng đàn hồi mạnh trong vùng vi mô của bề mặt tấm thép cần được phun trong quá trình va

chạm, và động năng của chúng được chuyển thành nhiệt năng và năng lượng biến dạng, do đó lắng đọng trên bề mặt của tấm thép cần được phun để tạo thành lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic. Ở bước (3), theo một số phương án, tác nhân phân tách có thể chủ yếu bao gồm MgO , Al_2O_3 hoặc sự kết hợp của chúng. Vì trong phương pháp theo sáng chế, không cần thiết phải tạo lớp màng lót magiê silicat (Mg_2SiO_4) như trong quy trình thông thường để sản xuất tấm thép điện định hướng hạt, có thể sử dụng tác nhân phân tách có hoạt tính thấp hơn thông thường như MgO .

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si khoảng 10 đến 50 % trọng lượng.

Trong phương pháp của sáng chế này, tác giả sáng chế đã nghiên cứu ra rằng khi các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si nhỏ hơn 10% trọng lượng, để tạo ra tấm thép điện định hướng hạt silic cao theo sáng chế, cần phải tăng độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic và kéo dài thời gian khuếch tán silic tiếp theo trong quá trình xử lý nhiệt độ cao, dẫn đến giảm hiệu quả sản xuất. Khi các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si lớn hơn 50 % trọng lượng, khả năng biến dạng đàn hồi của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic bị suy yếu, gây khó khăn hơn cho việc hình thành lớp phủ hợp kim silic. Do đó, tác giả sáng chế đã giới hạn hàm lượng nguyên tố Si trong các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở mức 10 đến 50 % trọng lượng.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt 1 đến 80 μm .

Theo phương pháp theo sáng chế, tác giả sáng chế đã nghiên cứu ra rằng nếu các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt nhỏ hơn 1 μm , thì chi phí chế tạo của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic sẽ tăng lên, và bề mặt của các hạt hợp kim silic sẽ dễ bị oxy hóa. Khi các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt lớn hơn 80 μm , rất khó để các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được tăng tốc đến tốc độ tới hạn để liên kết trong quá trình phun. Do đó, tác giả sáng chế đã giới hạn kích thước hạt trong các hạt hợp kim chứa lượng cao silic từ 1 đến 80 μm .

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa

lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn va chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun với tốc độ 500 đến 900 m/s.

Theo phương pháp theo sáng chế, tác giả sáng chế đã nghiên cứu ra rằng khi tốc độ va chạm của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic thấp hơn 500m/s thì chỉ xảy ra xói mòn mà không có liên kết, và khi tốc độ va chạm của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic là cao hơn 900m/s, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic sẽ ăn mòn tấm thép điện định hướng hạt silic cao. Do đó, tác giả sáng chế kiểm soát tốc độ va chạm của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic từ 500 đến 900 m/s.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được điều khiển bởi dòng chảy phun của khí hoạt động để va chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), khí hoạt động là nitơ, heli hoặc hỗn hợp của nitơ và heli.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic và khí hoạt động được phun ra qua vòi phun lên bề mặt của tấm thép cần được phun để các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn va chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun với tốc độ cao.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun được kiểm soát ở 80 đến 500°C.

Theo phương pháp theo sáng chế, tác giả sáng chế đã nghiên cứu ra rằng khi nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun thấp hơn 80°C, không thể đạt được hiệu quả tăng độ kết dính do nhiệt độ thấp, và khi nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic hơn 500°C, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic dễ bị oxy hóa, do đó dẫn đến sự gia tăng các khuyết tật bề mặt của tấm thép silic cao thành phẩm.

Do đó, tác giả sáng chế giới hạn nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra vòi phun trong khoảng 80 đến 500°C.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), khí hoạt động được làm nóng đến 200 đến 700°C và sau đó được đưa đến vòi phun.

Trong giải pháp kỹ thuật trên, làm nóng khí có thể làm tăng tốc độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, đồng thời làm cho các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có nhiệt độ nhất định, do đó các hạt hợp kim chứa lượng cao silic dễ bị biến dạng đàn hồi khi va chạm với tấm thép được phun.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), vòi phun là vòi phun Laval.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), đầu ra vòi phun được lắp đặt cách xa bề mặt tấm thép cần được phun 10 đến 60 mm.

Theo phương pháp theo sáng chế, để ngăn chặn sự giảm tốc và quá trình oxy hóa quá mức của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic trong khí hoạt động, khoảng cách giữa đầu ra của vòi phun và bề mặt của tấm thép được phun được giới hạn trong 10 đến 60 mm.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (2), lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic được tạo ra trên bề mặt của một mặt hoặc cả hai mặt của tấm thép cần được phun, và độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic thỏa mãn công thức sau:

$$T_c/T_s \geq (x_1 - x_2)/(x_3 - x_1)$$

trong đó T_c là độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic, đơn vị đo μm , và khi lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic được tạo ra trên cả hai mặt của tấm thép, độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic là tổng độ dày lớp phủ của cả hai mặt của tấm thép; T_s là độ dày của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun, đơn vị đo μm ; x_1 là hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép điện định hướng hạt silic cao, theo % trọng lượng; x_2 là hàm lượng silic ban đầu của tấm thép cần được phun, theo %

trọng lượng; x_3 là hàm lượng silic của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, theo % trọng lượng.

Khi độ dày của lớp phủ đáp ứng $T_c/T_s < (x_1 - x_2)/(x_3 - x_1)$, tổng hàm lượng silic chứa trong tấm thép và lớp phủ hợp kim sẽ thấp hơn hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép điện định hướng hạt silic cao, điều này không thể có được tấm thép silic cao mong muốn thông qua xử lý silic hóa tiếp theo, và xem xét các yếu tố như khoảng trống không thể tránh khỏi trong lớp phủ và sự ổn định của quá trình silic hóa tiếp theo, nó được yêu cầu là $T_c/T_s \geq (x_1 - x_2)/(x_3 - x_1)$. Trong điều kiện mà các thông số quá trình khác ổn định, độ dày của lớp phủ T_c thường được kiểm soát chính xác để làm cho hàm lượng silic thực tế trong tấm thép tiếp cận với hàm lượng silic mục tiêu. Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, ở bước (1), tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun được kiểm soát dưới 700 ppm, hàm lượng nguyên tố C được kiểm soát dưới 50 ppm và điểm sương của bước xử lý nhiệt khử cacbon được kiểm soát ở 40~65°C.

Theo phương pháp theo sáng chế, tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun được kiểm soát là nhỏ hơn 700 ppm và hàm lượng nguyên tố C nhỏ hơn 50 ppm. Tác giả sáng chế đã nghiên cứu ra rằng khi điểm sương của bước xử lý nhiệt khử cacbon được kiểm soát ở 40~65°C, có thể đảm bảo hiệu quả khử cacbon để loại bỏ sự lão hóa từ tính của sản phẩm cuối cùng, và sự hình thành màng oxit trên bề mặt của tấm thép có thể được ức chế. Một mặt, sẽ có lợi cho các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được kết hợp với tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon. Mặt khác, nó cũng có lợi cho lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic thâm nhập vào tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon được phun silic trong quá trình xử lý nhiệt của bước (4). Kể từ khi lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic được hình thành, bề mặt của tấm thép có đủ độ nhám, để có thể đảm bảo khả năng phủ của lớp cách điện trong quy trình phủ cách điện có thể thu được sau bước (4), mà không hình thành lớp màng lót magiê silicat như trong quy trình thông thường để sản xuất thép tấm thép điện định hướng hạt. Do đó tổng hàm lượng oxy trên bề mặt tấm thép được phun ít hơn so với quá trình thông thường.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa

lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (4), thực hiện kết tinh lại thứ cấp ở nhiệt độ xử lý nhiệt trên 1100°C và trong môi trường N_2+H_2 , và sau đó làm nóng đều tấm thép ở nhiệt độ trên 1150°C trong ít nhất 20 giờ và trong môi trường khử có hàm lượng H_2 trên 90%, để đạt được sự khuếch tán đồng đều của nguyên tố Si.

Ngoài ra, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế, trong đó ở bước (4), phương pháp còn bao gồm các bước: phủ lớp cách điện và thực hiện xử lý nhiệt phẳng kéo dài nóng.

Trong phương pháp theo sáng chế, theo một số phương án, trước khi áp dụng lớp cách điện, dung dịch axit có thể được sử dụng để loại bỏ các thành phần không phản ứng còn lại trên bề mặt của tấm thép sau bước (4), và sau đó lớp phủ cách điện có chứa photphat và silic dioxit dạng keo được phủ và được kéo nóng và làm phẳng để cuối cùng thu được tấm thép điện định hướng hạt silic cao với các đặc tính từ tính tốt.

Ngoài ra, cần lưu ý rằng, theo một số phương án, thiết bị xử lý phun lạnh để thực hiện bước (2) của phương pháp theo sáng chế bao gồm: bể khí, thiết bị kiểm soát khí, băng tải hạt, bộ làm nóng khí, và con lăn đỡ có chức năng điều khiển nhiệt độ, thiết bị vòi phun, thiết bị thu hồi hạt, thiết bị phát hiện nhiệt độ tấm thép để đo nhiệt độ của tấm thép. Quy trình xử lý cụ thể của thiết bị phun lạnh được mô tả tại đây. Khí hoạt động trong bể khí được chuyển vào bộ làm nóng khí qua thiết bị kiểm soát khí; khí hoạt động được làm nóng bởi bộ làm nóng khí và sau đó được chuyển đến thiết bị vòi phun, và được tăng tốc trong thiết bị vòi phun để tạo thành phản lực tốc độ cao. Sau khi băng tải hạt phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic vào thiết bị vòi phun, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được tăng tốc đến vận tốc va chạm bằng phản lực tốc độ cao. Khi các hạt va chạm với bề mặt của tấm thép đã xử lý nhiệt khử cacbon được phun ở tốc độ cao, từ đó tạo ra hợp kim silic cao bao phủ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cần được phun. Một hoặc nhiều thiết bị vòi phun có thể được sắp xếp cạnh nhau xung quanh con lăn đỡ được bố trí với chức năng kiểm soát nhiệt độ, từ đó tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun là được phun nguội khi chạy qua con lăn đỡ, từ đó đạt được quy trình xử lý ở bước (2). Ngoài ra, thiết bị vòi phun có thể được cố định xung quanh con lăn đỡ hoặc di chuyển qua lại theo chiều rộng của tấm thép cần được phun. Các hạt hợp kim chứa lượng cao silic còn lại sau khi va chạm với bề mặt tấm thép cần được

phun với tốc độ cao được thu lại bằng thiết bị thu hồi hạt.

So với phương pháp trước đây, phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế có những tác dụng có lợi sau:

(1) Phương pháp sản xuất thép tấm thép điện định hướng hạt silic cao theo sáng chế dựa trên dây chuyền sản xuất thông thường và có thể sản xuất hàng loạt tấm thép điện định hướng hạt silic cao bằng cách thêm bộ thiết bị xử lý phun lạnh, do đó giải quyết vấn đề tồn tại về chi phí sản xuất cao.

(2) Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế cho phép các hạt hợp kim chứa lượng cao silic lắng đọng trên bề mặt tấm thép được phun ở nhiệt độ thấp, điều này có thể làm giảm đáng kể hoặc thậm chí loại bỏ hoàn toàn các tác động bất lợi như quá trình oxy hóa và chuyển pha của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic. Do đó, đảm bảo tính ổn định của quá trình silic hóa trong quá trình xử lý nhiệt ở bước (4) và giải quyết được vấn đề chất lượng không ổn định của tấm thép silic cao trong phương pháp sản xuất hiện có.

(3) Tấm thép điện định hướng hạt silic cao được sản xuất theo phương pháp theo sáng chế có đặc tính từ tính tốt và phương pháp này có triển vọng ứng dụng rộng rãi.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Hình 1 là hình chiếu sơ đồ minh họa cấu trúc của thiết bị xử lý phun lạnh để thực hiện quy trình xử lý phun lạnh trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế theo một số phương án.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế sẽ được giải thích và mô tả thêm cùng với mô tả của các hình vẽ và các phương án cụ thể. Tuy nhiên, việc giải thích và mô tả không hạn chế một cách thích hợp giải pháp kỹ thuật của sáng chế.

Hình 1 là hình chiếu sơ đồ minh họa cấu trúc của thiết bị xử lý phun lạnh để thực hiện quy trình xử lý phun lạnh trong phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo sáng chế theo một số phương án. Cần lưu ý rằng thiết bị xử lý phun lạnh để thực hiện quy trình xử lý phun lạnh trong phương pháp

sản xuất theo sáng chế bao gồm: bể khí 3, thiết bị kiểm soát khí 4, băng tải hạt 5, bộ làm nóng khí 6, và con lăn đỡ 7 có chức năng điều khiển nhiệt độ, thiết bị vòi phun 8, thiết bị thu hồi hạt 9, thiết bị phát hiện nhiệt độ tấm thép 10 để đo nhiệt độ của tấm thép.

Chế độ làm việc cụ thể được mô tả ở đây. Sau khi tấm thép cán nguội 1 trải qua quá trình xử lý nhiệt khử cacbon trong lò xử lý nhiệt khử cacbon 2, nó đi vào thiết bị xử lý phun lạnh để xử lý. Khí hoạt động trong bể khí 3 được chuyển vào bộ làm nóng khí 6 qua thiết bị kiểm soát khí 4 (như đường ống và van); khí hoạt động được làm nóng bởi bộ làm nóng khí 6 và sau đó được chuyển đến thiết bị vòi phun 8, và được tăng tốc trong thiết bị vòi phun 8 để tạo thành phản lực tốc độ cao. Sau khi băng tải hạt 5 phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic vào thiết bị vòi phun 8, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được tăng tốc đến vận tốc va chạm bằng phản lực tốc độ cao. Khi các hạt va chạm với bề mặt của tấm thép đã xử lý nhiệt khử cacbon được phun ở tốc độ cao, từ đó tạo ra hợp kim silic cao bao phủ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cần được phun. Thiết bị vòi phun 8 được sắp xếp cố định xung quanh con lăn đỡ 7 được bố trí với chức năng kiểm soát nhiệt độ, từ đó tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun là được phun nguội khi chạy qua con lăn đỡ 7. Ngoài ra, theo một số phương án khác, thiết bị vòi phun 8 cũng có thể di chuyển qua lại theo chiều rộng của tấm thép cần được phun. Các hạt hợp kim chứa lượng cao silic còn lại sau khi va chạm với bề mặt tấm thép cần được phun với tốc độ cao được thu lại bằng thiết bị thu hồi hạt 9. Sau khi tấm thép được phun nguội, nó đi vào hệ thống phủ tác nhân phân tách 11 để xử lý tiếp theo.

Dưới đây, giải pháp kỹ thuật này sẽ sử dụng dữ liệu ví dụ cụ thể để mô tả thêm giải pháp kỹ thuật của trường hợp này và chứng minh các tác động có lợi của trường hợp này:

Các phôi thép trong ví dụ 1 đến ví dụ 24 và ví dụ so sánh 1 đến 15 sử dụng cùng phần trăm khối lượng của các nguyên tố hóa học.

Bảng 1 liệt kê phần trăm khối lượng của các nguyên tố hóa học trong phôi thép của tấm thép điện định hướng hạt silic cao trong ví dụ 1 đến ví dụ 24 và ví dụ so sánh 1 đến 15.

Bảng 1. (% trọng lượng, cân bằng là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi khác)

Si	C	Mn	S	Als	N
3,15	0,046	0,11	0,005	0,030	0,0065

Các ví dụ 1 đến 10 và ví dụ so sánh 1 đến 5

Tấm thép điện định hướng hạt silic cao của các Ví dụ 1 đến 10 và Ví dụ so sánh 1 đến 5 được sản xuất theo các bước như sau:

(1) làm nóng lại phôi thép có chứa phần trăm khối lượng của mỗi nguyên tố hóa học trong Bảng 1 ở 1050~1215°C, sau đó cán nóng và xử lý nhiệt ở 1050~1150°C và tẩy axit; sau đó cán bằng máy nghiền đơn;

(2) trong môi trường hỗn hợp nitơ ẩm và hydro với điểm sương là 40~65°C, thực hiện xử lý nhiệt khử cacbon với tấm thép được cán nguội ở nhiệt độ xử lý nhiệt 820~850°C; kiểm soát tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun dưới 700 ppm, và kiểm soát hàm lượng nguyên tố C dưới 50 ppm;

(3) phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic và khí hoạt động đã làm nóng (nitơ) ở 400°C lên bề mặt của tấm thép cần được phun qua vòi phun Laval với bề mặt bên trong hình nón để làm cho các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn va chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun với tốc độ 500 đến 900 m/s, ở đó, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si là 10 đến 50 % trọng lượng, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt 1 đến 80 μm , nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun được kiểm soát là 300°C, và đầu ra của vòi phun cách bề mặt tấm thép cần được phun 25 mm;

(4) phủ tác nhân phân tách MgO và sấy khô trong lò;

(5) xử lý nhiệt: thực hiện kết tinh lại thứ cấp ở nhiệt độ xử lý nhiệt trên 1100°C trong môi trường N_2+H_2 , và sau đó làm nóng đều tấm thép ở nhiệt độ trên 1150°C trong ít nhất 20 giờ trong môi trường khử có hàm lượng H_2 trên 90%;

(6) loại bỏ các thành phần không phản ứng còn lại trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt thông qua axit, sau đó phủ lớp cách điện có chứa photphat và silic dioxit dạng keo và thực hiện xử lý nhiệt phẳng kéo dài nóng, để thu được tấm thép thành phẩm.

Bảng 2-1, Bảng 2-2 và Bảng 2-3 liệt kê các thông số quy trình cụ thể của phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic trong các Ví dụ 1 đến 10 và Ví dụ so sánh 1 đến 5.

Bảng 2-1.

Số	Bước (1)		Bước (2)			
	Nhiệt độ làm nóng lại của phôi (°C)	Nhiệt độ xử lý nhiệt của tấm được cán nóng (°C)	Nhiệt độ điểm sương của xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Nhiệt độ xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Tổng hàm lượng oxy trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)	Hàm lượng C trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)
Ví dụ 1	1083	1086	45	840	503	15
Ví dụ 2	1190	1141	60	830	498	20
Ví dụ 3	1125	1078	54	830	398	39
Ví dụ 4	1198	1144	60	840	592	11
Ví dụ 5	1116	1097	52	820	481	25
Ví dụ 6	1095	1149	64	845	420	28
Ví dụ 7	1118	1055	45	840	357	41
Ví dụ 8	1080	1087	55	840	596	22
Ví dụ 9	1061	1140	65	835	440	13

Ví dụ 10	1146	1100	52	835	624	18
Ví dụ so sánh 1	1132	1094	<u>35</u>	<u>815</u>	339	<u>53</u>
Ví dụ so sánh 2	1193	<u>1000</u>	41	<u>855</u>	666	29
Ví dụ so sánh 3	1215	1126	54	830	541	20
Ví dụ so sánh 4	<u>1250</u>	1056	62	825	634	41
Ví dụ so sánh 5	1201	<u>1180</u>	<u>70</u>	830	<u>820</u>	12

Bảng 2-2.

Số	Bước (3)								
	Hàm lượng Si trong các hạt hợp kim chứa lượng cao silic (% trọng lượng)	Kích thước của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic (μm)	Vận tốc va chạm của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic (m/s)	Độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic (μm)	Độ dày của tấm thép cần được phun Ts (μm)	Hàm lượng silic mục tiêu (% trọng lượng)	Bề mặt phun	Tc/Ts	(x1-x2)/(x3-x1)
Ví dụ 1	11,3	72	757	142	220	5,0	cả hai mặt	0,645	0,294

Ví dụ 2	18,6	46	849	65	285	5,0	cả hai mặt	0,228	0,136
Ví dụ 3	26,5	13	684	52	260	6,5	bề mặt trên	0,200	0,168
Ví dụ 4	26,5	38	684	48,3	260	6,5	bề mặt trên	0,186	0,168
Ví dụ 5	37,9	25	686	40,1	260	6,5	bề mặt trên	0,154	0,107
Ví dụ 6	37,9	25	628	25,9	220	6,5	bề mặt trên	0,118	0,107
Ví dụ 7	37,9	25	618	29,2	220	6,5	bề mặt trên	0,133	0,107
Ví dụ 8	45,6	25	615	28,0	220	6,5	bề mặt dưới	0,127	0,086
Ví dụ 9	45,6	18	531	22,7	220	6,5	bề mặt trên	0,103	0,086
Ví dụ 10	49,5	1,5	609	21,3	220	6,5	bề mặt trên	0,097	0,078
Ví dụ so sánh 1	<u>55,8</u>	25	685	<u>không liên kết</u>	260	6,5	cả hai mặt	<u>không liên kết</u>	0,068
Ví dụ so sánh	<u>9,5</u>	25	781	200	260	6,5	cả hai mặt	<u>0,769</u>	1,117

2									
Ví dụ so sánh 3	36,5	<u>81</u>	<u>484</u>	<u>không liên kết</u>	260	6,5	cả hai mặt	<u>không liên kết</u>	0,112
Ví dụ so sánh 4	38,9	<u>0,8</u>	673	<u>không liên kết</u>	260	6,5	cả hai mặt	<u>không liên kết</u>	0,103
Ví dụ so sánh 5	37,9	10	785	15,8	260	6,5	bề mặt trên	<u>0,061</u>	0,107

Trong số đó, x1 là hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép điện định hướng hạt silic cao, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x2 là hàm lượng silic ban đầu của tấm thép cần được phun, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x3 là hàm lượng silic của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng.

Bảng 2-3.

Số	Bước (5)			
	Nhiệt độ xử lý nhiệt của kết tinh lại thứ cấp (°C)	Hàm lượng H ₂ (%)	Nhiệt độ cao của hệ thống sưởi ấm đồng đều (°C)	Thời gian làm nóng đồng nhất (h)
Ví dụ 1	1100	95	1175	36
Ví dụ 2	1100	95	1175	36

Ví dụ 3	1100	95	1200	28
Ví dụ 4	1120	95	1200	28
Ví dụ 5	1120	100	1200	28
Ví dụ 6	1120	100	1200	28
Ví dụ 7	1120	100	1220	24
Ví dụ 8	1150	100	1220	24
Ví dụ 9	1150	100	1220	24
Ví dụ 10	1150	100	1220	24
Ví dụ so sánh 1	1120	100	1200	28
Ví dụ so sánh 2	1120	<u>85</u>	<u>1130</u>	28
Ví dụ so sánh 3	1120	100	1200	28
Ví dụ so sánh 4	1120	100	1200	28
Ví dụ so sánh 5	1120	100	1200	<u>18</u>

Hiệu suất của các tấm thép điện định hướng hạt silic cao trong Ví dụ 1 đến 10 và Ví dụ so sánh 1 đến 5 đã được kiểm tra về sự mất sắt $P_{10/400}$, cảm ứng từ B_8 và từ giảo $\lambda_{10/400}$. Kết quả thử nghiệm được liệt kê trong bảng 3.

Bảng 3.

Số	$P_{10/400}$ (W/Kg)	B_8 (T)	Từ giảo $\lambda_{10/400}$ ($\times 10^{-6}$)	Hàm lượng Si trong tấm thép thành phẩm (% trọng lượng)
Ví dụ 1	7,5	1,65	0,4	4,5
Ví dụ 2	7,0	1,57	0,3	5,6
Ví dụ 3	6,7	1,65	0,2	6,3
Ví dụ 4	6,6	1,47	0,1	6,7
Ví dụ 5	6,4	1,47	0,1	6,8
Ví dụ 6	7,3	1,67	0,3	6,0
Ví dụ 7	6,3	1,37	0,1	6,4
Ví dụ 8	7,0	1,40	0,1	6,7

Ví dụ 9	5,7	1,49	0,1	6,5
Ví dụ 10	5,9	1,37	0,1	6,9
Ví dụ so sánh 1	-	-	-	-
Ví dụ so sánh 2	8,7	1,91	0,7	3,5
Ví dụ so sánh 3	-	-	-	-
Ví dụ so sánh 4	-	-	-	-
Ví dụ so sánh 5	8,9	1,91	0,6	3,7

Từ Bảng 3 có thể thấy rằng tất cả các Ví dụ 1 đến 10 có thể thu được các tấm thép điện định hướng hạt silic cao với hàm lượng silic cao hơn 4 % trọng lượng. Kết quả thử nghiệm cho thấy, so với tấm thép thành phẩm có hàm lượng silic thông thường, thép tấm silic cao có B_8 tương đối thấp do hàm lượng silic tăng lên, trong khi các tấm thép silic cao có đặc tính từ tính tần số cao tốt với tổn thất sắt tần số cao $P_{10/400}$ trong khoảng 5,7~7,5W/kg và độ ma sát từ $\lambda_{10/400}$ nhỏ hơn $0,4 \times 10^{-6}$. Các ví dụ so sánh 1 đến 5 không thể có được các tấm thép điện định hướng hạt silic cao đã yêu cầu.

Để xác minh chất lượng và hiệu suất của tấm thép phun, giải pháp kỹ thuật này bao gồm ví dụ 11 đến 20 và ví dụ so sánh 6 đến 12. Các ví dụ 11 đến 20 và ví dụ so sánh 6 đến 12, tấm thép điện định hướng hạt silic cao được phun theo các bước như sau:

(1) làm nóng lại phôi thép có chứa phần trăm khối lượng của mỗi nguyên tố hóa học trong Bảng 1 ở 1050~1215°C, sau đó cán nóng và xử lý nhiệt ở 1050~1150°C và tẩy axit; sau đó cán bằng máy nghiền đơn để thu được tấm thép cán nguội với kích thước 0,285mm;

(2) trong môi trường hỗn hợp nitơ ẩm và hydro với điểm sương là 40~65°C, thực hiện xử lý nhiệt khử cacbon với tấm thép được cán nguội ở nhiệt độ xử lý nhiệt

820~850°C; kiểm soát tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun dưới 700 ppm, và kiểm soát hàm lượng nguyên tố C dưới 50 ppm, để thu được tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon có kích thước 0,285mm;

(3) phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic và khí hoạt động đã làm nóng (như nito) lên bề mặt của tấm thép cần được phun qua vòi phun Laval với bề mặt bên trong hình nón để làm cho các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn và chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun với tốc độ 500 đến 900 m/s, ở đó, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si là 37,9 % trọng lượng, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt 20 µm, nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun được kiểm soát là 80 đến 500°C, và đầu ra của vòi phun cách bề mặt tấm thép cần được phun 10 đến 60 mm; hàm lượng Si trong tấm thép điện định hướng hạt silic cao cuối cùng dự kiến là 6,5 % trọng lượng.

Bảng 4-1 và bảng 4-2 liệt kê các thông số quy trình cụ thể của các bước phun và trước khi phun trong ví dụ 11 đến 20 và ví dụ so sánh 6 đến 12.

Bảng 4-1.

Số	Bước (1)		Bước (2)			
	Nhiệt độ làm nóng lại của phôi (°C)	nhiệt độ xử lý nhiệt của tấm được cán nóng (°C)	Nhiệt độ điểm sương của xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Nhiệt độ xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Tổng hàm lượng oxy trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)	Hàm lượng C trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)
Ví dụ 11	1208	1114	47	838	396	23
Ví dụ 12	1185	1144	59	823	514	9
Ví dụ 13	1068	1059	59	828	625	29

Ví dụ 14	1099	1083	58	848	558	21
Ví dụ 15	1125	1120	56	838	530	27
Ví dụ 16	1200	1059	51	833	634	15
Ví dụ 17	1076	1137	57	833	347	20
Ví dụ 18	1087	1101	48	833	529	7
Ví dụ 19	1161	1129	53	823	425	48
Ví dụ 20	1085	1132	56	838	586	23
Ví dụ so sánh 6	1134	1138	50	838	662	17
Ví dụ so sánh 7	1060	1101	53	843	668	16
Ví dụ so sánh 8	1103	1085	46	828	366	24
Ví dụ so sánh 9	1091	1052	58	828	394	24
Ví dụ so sánh 10	1199	1065	59	833	623	14
Ví dụ so sánh 11	1196	1073	62	843	623	10
Ví dụ so sánh 12	1084	1076	45	838	372	24

Bảng 4-2.

Số	Khí hoạt động	Bước (3)							
		Vận tốc va chạm của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic (m/s)	Nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun	Nhiệt độ của khí hoạt động (°C)	Khoảng cách giữa đầu ra của vòi phun và bề mặt của tấm thép cần được phun (mm)	Bề mặt phun	Độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic (μm)	Tc/Ts	$(x1 - x2)/(x3 - x1)$

			(°C)						
Ví dụ 11	N ₂	500	500	200	25	bề mặt trên	31,5	0,111	0,107
Ví dụ 12	N ₂	500	250	450	25	cả hai mặt	38,4	0,135	0,107
Ví dụ 13	N ₂	650	80	450	60	bề mặt trên	37,5	0,132	0,107
Ví dụ 14	N ₂	650	125	300	45	bề mặt trên	41,6	0,146	0,107
Ví dụ 15	N ₂	650	250	300	30	bề mặt trên	50,3	0,176	0,107
Ví dụ 16	N ₂ ⁺ He	650	250	450	25	bề mặt trên	49,6	0,174	0,107
Ví dụ 17	N ₂	650	450	500	10	bề mặt trên	52,8	0,185	0,107
Ví dụ 18	He	750	300	450	25	bề mặt dưới	70,8	0,248	0,107
Ví dụ 19	He	750	300	550	25	bề mặt trên	73,8	0,259	0,107
Ví dụ 20	He	900	300	700	25	cả hai mặt	130,8	0,459	0,107
Ví dụ so sánh 6	N ₂	<u>486</u>	300	300	25	cả hai mặt	không liên kết	-	0,107
Ví dụ so sánh 7	N ₂	<u>915</u>	300	300	25	cả hai mặt	a little bonding	-	0,107
Ví dụ	N ₂	630	<u>62</u>	<u>180</u>	25	cả hai	không	-	0,107

so sánh 8						mặt	liên kết		
Ví dụ so sánh 9	N ₂	630	300	<u>720</u>	25	cả hai mặt	135,3	0,475	0,107
Ví dụ so sánh 10	N ₂	630	<u>510</u>	<u>720</u>	25	cả hai mặt	158,9	0,558	0,107
Ví dụ so sánh 11	N ₂	630	300	550	<u>8</u>	cả hai mặt	125,6	0,441	0,107
Ví dụ so sánh 12	N ₂	630	300	550	<u>62</u>	bề mặt trên	25,8	0,091	0,107

Trong số đó, x1 là hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép điện định hướng hạt silic cao, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x2 là hàm lượng silic ban đầu của tấm thép cần được phun, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x3 là hàm lượng silic của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng.

Khối lượng của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic của các tấm thép điện định hướng hạt silic cao của ví dụ 11 đến 20 và ví dụ so sánh 6 đến 12 được liệt kê trong bảng 5.

Bảng 5.

Số	Khối lượng lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic
Ví dụ 11	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 12	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 13	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 14	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 15	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 16	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 17	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 18	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 19	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ 20	Độ dày lớp phủ đáp ứng các yêu cầu tối thiểu và không bị oxy hóa
Ví dụ so sánh 6	không liên kết

Ví dụ so sánh 7	liên kết một chút, lớp phủ oxy hóa
Ví dụ so sánh 8	không liên kết
Ví dụ so sánh 9	lớp phủ oxy hóa
Ví dụ so sánh 10	lớp phủ oxy hóa
Ví dụ so sánh 11	lớp phủ oxy hóa
Ví dụ so sánh 12	lớp phủ mỏng

Từ Bảng 5 có thể thấy rằng tất cả các ví dụ 11 đến 20 có thể có được lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic theo yêu cầu, trong khi các ví dụ so sánh 6 đến 12 không thể có được lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic yêu cầu.

Tấm thép điện định hướng hạt silic cao của các Ví dụ 21 đến 24 và Ví dụ so sánh 13 đến 15 được sản xuất theo các bước như sau:

(1) làm nóng lại phôi thép có chứa phần trăm khối lượng của mỗi nguyên tố hóa học trong bảng 1 ở 1050~1215°C, sau đó cán nóng và xử lý nhiệt ở 1050~1150°C và tẩy axit; sau đó cán bằng máy nghiền đơn để thu được tấm thép với độ dày mục tiêu;

(2) trong môi trường hỗn hợp nitơ ẩm và hydro với điểm sương là 40~65°C, thực hiện xử lý nhiệt khử cacbon với tấm thép được cán nguội ở nhiệt độ xử lý nhiệt 820~850°C; kiểm soát tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun dưới 700 ppm, và kiểm soát hàm lượng nguyên tố C dưới 50 ppm;

(3) phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic và khí hoạt động đã làm nóng (như nitơ) ở 400°C lên bề mặt của tấm thép cần được phun qua vòi phun Laval với bề mặt bên trong hình nón để làm cho các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn va chạm vào bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun

với tốc độ 650 m/s, ở đó, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si là 37,9 % trọng lượng, các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt 20 μm , nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun được kiểm soát là 250°C, và đầu ra của vòi phun cách bề mặt tấm thép cần được phun 25 mm;

(4) phủ tác nhân phân tách MgO và sấy khô trong lò;

(5) xử lý nhiệt: thực hiện kết tinh lại thứ cấp ở nhiệt độ xử lý nhiệt trên 1100°C trong môi trường N_2+H_2 , và sau đó làm nóng đều tấm thép ở nhiệt độ trên 1150°C trong ít nhất 20 giờ trong môi trường khử có hàm lượng H_2 trên 90%;

(6) loại bỏ các thành phần không phản ứng còn lại trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt thông qua axit, sau đó phủ lớp cách điện có chứa photphat và silic dioxit dạng keo và thực hiện xử lý nhiệt phẳng kéo dài nóng, để thu được tấm thép thành phẩm.

Bảng 6-1, Bảng 6-2 và Bảng 6-3 liệt kê các thông số quy trình cụ thể của phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic trong các Ví dụ 21 đến 24 và Ví dụ so sánh 13 đến 25.

Bảng 6-1.

Số	Bước (1)		Bước (2)			
	Nhiệt độ làm nóng lại của phôi (°C)	nhiệt độ xử lý nhiệt của tấm được cán nóng (°C)	Nhiệt độ điểm sương của xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Nhiệt độ xử lý nhiệt khử cacbon (°C)	Tổng hàm lượng oxy trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)	Hàm lượng C trên bề mặt tấm thép cần được phun (ppm)
Ví dụ 21	1125	1060	45	825	325	25
Ví dụ 22	1090	1060	55	825	423	27

Ví dụ 23	1190	1070	60	830	567	11
Ví dụ 24	1100	1115	65	835	665	36
Ví dụ so sánh 13	1150	1100	<u>68</u>	840	<u>750</u>	19
Ví dụ so sánh 14	1130	1150	65	830	<u>850</u>	20
Ví dụ so sánh 15	1180	1080	35	830	403	<u>72</u>

Bảng 6-2.

Số	Bước (3)							
	Khí hoạt động	Nhiệt độ của khí hoạt động (°C)	Độ dày của tấm thép cần được phun Ts (μm)	Hàm lượng silic mục tiêu (% trọng lượng)	Bề mặt phun	Độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic (μm)	Tc/Ts	(x1-x2)/(x3-x1)
Ví dụ 21	N ₂	480	220	6,5	bề mặt trên	47	0,213	0,107
Ví dụ 22	N ₂	650	220	6,5	bề mặt trên	28	0,130	0,107
Ví dụ 23	He	340	260	6,5	cả hai mặt	78	0,298	0,107
Ví dụ	He	380	260	6,5	cả hai	75	0,289	0,107

24					mặt			
Ví dụ so sánh 13	N ₂	340	220	6,5	bề mặt trên	45	0,204	0,107
Ví dụ so sánh 14	N ₂	380	220	6,5	bề mặt trên	53	0,242	0,107
Ví dụ so sánh 15	He	340	260	6,5	cả hai mặt	61	0,236	0,107

Trong số đó, x1 là hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép điện định hướng hạt silic cao, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x2 là hàm lượng silic ban đầu của tấm thép cần được phun, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng; x3 là hàm lượng silic của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, và tham số đơn vị của nó là % trọng lượng.

Bảng 6-3.

Số	Bước (5)			
	Nhiệt độ xử lý nhiệt của kết tinh lại thứ cấp (°C)	Hàm lượng H ₂ (%)	Nhiệt độ cao của hệ thống sưởi ấm đồng đều (°C)	Thời gian làm nóng đồng nhất (h)
Ví dụ 21	1120	92	1175	32
Ví dụ 22	1140	92	1175	32
Ví dụ 23	1120	100	1200	28
Ví dụ 24	1140	100	1200	28
Ví dụ so sánh 13	1120	92	1175	32
Ví dụ so sánh 14	1140	92	1175	32
Ví dụ so sánh 15	1120	100	1200	28

Hàm lượng nguyên tố Si trong tấm thép thành phẩm của các tấm thép điện định

hướng hạt silic cao của ví dụ 21 đến 24 và ví dụ so sánh 13 đến 15 được liệt kê trong bảng 7.

Bảng 7.

Số	Hàm lượng nguyên tố Si trong tấm thép thành phẩm (% trọng lượng)
Ví dụ 21	6,7
Ví dụ 22	6,1
Ví dụ 23	6,5
Ví dụ 24	6,7
Ví dụ so sánh 13	3,9
Ví dụ so sánh 14	3,7
Ví dụ so sánh 15	6,7

Từ Bảng 7 có thể thấy rằng tất cả các Ví dụ 21 đến 24 có thể thu được các tấm thép điện định hướng hạt silic cao với hàm lượng silic yêu cầu, trong khi hàm lượng silic trong các tấm thép thành phẩm của ví dụ so sánh 13 và 14 nhỏ hơn 4 % trọng lượng. Hàm lượng C trên bề mặt tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon cần được phun của ví dụ so sánh 15 cao hơn 50 ppm, và ví dụ so sánh 13 đến 15 không thể thu được tấm thép điện định hướng hạt silic cao yêu cầu.

Cần lưu ý rằng phần kỹ thuật trước trong phạm vi bảo hộ của sáng chế này không giới hạn ở các phương án được đưa ra trong tài liệu ứng dụng này, và tất cả các kỹ thuật trước đây không mâu thuẫn với giải pháp theo sáng chế, bao gồm nhưng không giới hạn phần trước các tài liệu bằng sáng chế, các công bố trước đây, sử dụng trước công chúng,..., đều có thể được đưa vào phạm vi bảo hộ của sáng chế.

Ngoài ra, sự kết hợp của các tính năng kỹ thuật khác nhau trong trường hợp này không giới hạn ở sự kết hợp được mô tả trong các yêu cầu của trường hợp này hoặc sự

kết hợp được mô tả trong các phương án cụ thể. Tất cả các đặc tính kỹ thuật được mô tả trong trường hợp này có thể được tự do kết hợp hoặc tích hợp theo bất kỳ cách nào, trừ khi phát sinh xung đột giữa chúng.

Cũng cần lưu ý rằng các phương án được liệt kê ở trên chỉ là các phương án cụ thể theo sáng chế. Rõ ràng, sáng chế không giới hạn ở các phương án trên, và những thay đổi hoặc sửa đổi tương tự tiếp theo có thể bắt nguồn trực tiếp hoặc dễ dàng liên quan đến việc bộc lộ sáng chế bởi những người có hiểu biết trong lĩnh vực này, phải nằm trong phạm vi bảo hộ của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic, trong đó tấm thép điện định hướng chứa lượng cao hạt silic có hàm lượng silic lớn hơn 4% trọng lượng, phương pháp bao gồm các bước:

(1) thực hiện khử cacbon xử lý nhiệt cho tấm thép được cán nguội, từ đó tạo thành tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon;

(2) phun các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở trạng thái rắn hoàn toàn và chạm trên bề mặt của tấm thép đã xử lý nhiệt khử cacbon ở tốc độ cao 500-900 m/s, từ đó tạo ra lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon;

(3) bao phủ thêm tác nhân phân tách lên lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic từ bước (2) và sấy khô; và

(4) xử lý nhiệt.

2. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có hàm lượng Si từ 10% đến 50% trọng lượng.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic có kích thước hạt từ 1 đến 80 μm .

4. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó ở bước (2), các hạt hợp kim chứa lượng cao silic được đẩy bởi dòng chảy phun của khí hoạt động để va chạm.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 4, trong đó khí hoạt động là nitơ, heli hoặc hỗn hợp của nitơ và heli.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 4, trong đó các hạt hợp kim chứa lượng cao silic và khí hoạt động được phun ra qua vòi phun.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao

hạt silic theo điểm 6, trong đó nhiệt độ của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic ở đầu ra của vòi phun được kiểm soát trong khoảng từ 80°C đến 500°C.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 6, trong đó khí hoạt động được làm nóng từ 200°C đến 700°C và sau đó được đưa đến vòi phun.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 6, trong đó vòi phun là vòi phun Laval.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 6, trong đó đầu ra vòi phun được lắp đặt cách xa bề mặt tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon từ 10 mm đến 60 mm.

11. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic được tạo ra trên một mặt hoặc cả hai mặt của bề mặt tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon, và độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic thỏa mãn công thức sau:

$$T_c/T_s \geq (x_1 - x_2)/(x_3 - x_1)$$

trong đó T_c là độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic, đơn vị đo μm , khi lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic được tạo ra trên cả hai mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon, độ dày của lớp phủ hợp kim chứa lượng cao silic là tổng độ dày lớp phủ của cả hai mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon; T_s là độ dày của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon, đơn vị đo μm ; x_1 là hàm lượng silic mục tiêu của tấm thép kỹ thuật điện định hướng hạt chứa lượng cao silic, theo % trọng lượng; x_2 là hàm lượng silic ban đầu của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon, theo % trọng lượng; x_3 là hàm lượng silic của các hạt hợp kim chứa lượng cao silic, theo % trọng lượng.

12. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó tổng hàm lượng oxy trên bề mặt của tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon được kiểm soát dưới 700 ppm, hàm lượng nguyên tố C được kiểm soát dưới 50 ppm và điểm sương của bước xử lý nhiệt khử cacbon được kiểm soát trong khoảng 40°C-65°C.

13. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng

cao hạt silic theo điểm 1, trong đó ở bước (4), thực hiện kết tinh lại thứ cấp ở nhiệt độ xử lý nhiệt trên 1100°C và trong môi trường N_2+H_2 , và sau đó làm nóng tấm thép được xử lý nhiệt khử cacbon được bao phủ ở nhiệt độ trên 1150°C trong ít nhất 20 giờ và trong môi trường khử có hàm lượng H_2 trên 90%, để đạt được sự khuếch tán đồng đều của nguyên tố Si.

14. Phương pháp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện được định hướng chứa lượng cao hạt silic theo điểm 1, trong đó sau bước (4), phương pháp còn bao gồm các bước: phủ lớp phủ cách điện và thực hiện ủ, làm nhẵn, kéo nóng.

