



(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)



1-0047328

(51)^{2021.01} C21D 8/12; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C22C 38/00; C22C 38/06

(21) 1-2022-05208

(22) 19/02/2021

(86) PCT/JP2021/006351 19/02/2021

(87) WO 2021/167066 26/08/2021

(30) 2020-027002 20/02/2020 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/11/2022 416A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) Takeru ICHIE (JP).

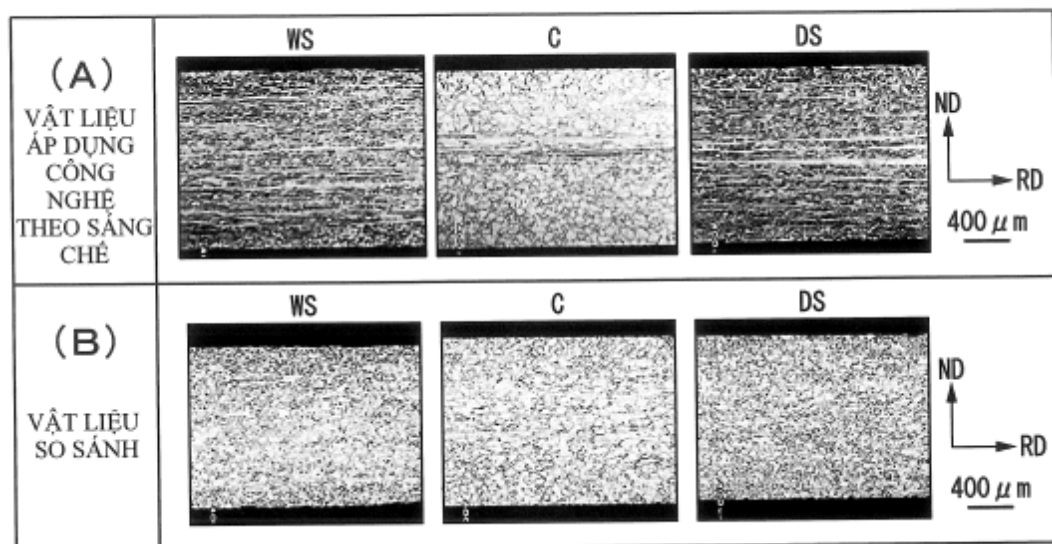
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG DÙNG CHO TẤM THÉP ĐIỆN KHÔNG ĐỊNH HƯỚNG

(21) 1-2022-05208

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng chứa, theo % khối lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, Si: lớn hơn hoặc bằng 1,9% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%, Al: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, và phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất, trong đó tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và, khi chiều rộng tấm được thể hiện bởi W, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí 1/4W từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, trong lĩnh vực thiết bị điện, cụ thể là, các động cơ, máy điện quay, các máy biến áp kích thước nhỏ và trung bình, các linh kiện điện và loại tương tự trong đó tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu cho lõi sắt, để đáp ứng phong trào bảo vệ môi trường toàn cầu thể hiện bởi tiết kiệm điện năng và năng lượng toàn cầu, giảm CO₂ và mục đích tương tự, nhu cầu về hiệu suất cao và giảm kích thước ngày càng trở nên mạnh mẽ hơn. Trong môi trường xã hội như vậy, đương nhiên, việc cải thiện hiệu suất của các tấm thép điện không định hướng là vấn đề cấp thiết.

Để cải thiện các đặc tính của các động cơ, có nhu cầu cải thiện các đặc tính từ của các tấm thép điện không định hướng như tổn hao do sắt hoặc các mật độ từ thông. Để cải thiện các đặc tính từ, nhiều nỗ lực khác nhau đang được tiến hành không chỉ về các thành phần thép mà còn về các đường kính hạt tinh thể trong các tấm thép, kiểm soát các cấu trúc kim tương học như các định hướng tinh thể, kiểm soát các chất kết tủa và tương tự.

Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép điện không định hướng chứa, theo % khối lượng, P với lượng nằm trong khoảng từ 0,10% đến 0,30% và có mật độ từ thông lớn hơn hoặc bằng 1,70T dựa vào B50.

Ngoài ra, chẳng hạn, các tài liệu sáng chế 2 đến 4 bộc lộ các kỹ thuật để kiểm soát các định hướng tinh thể sau quá trình cán nguội và ủ tái kết tinh và cải thiện các đặc tính từ bằng cách thiên tách P ở các biên hạt trong tấm thép trước khi cán nguội.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm, Công bố lần thứ nhất số 2002-371340

Tài liệu sáng chế 2: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm, Công bố lần thứ nhất số 2012-036454

Tài liệu sáng chế 3: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm, Công bố lần thứ nhất số 2005-200756

Tài liệu sáng chế 4: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm, Công bố lần thứ nhất số 2016-211016

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, trong các kỹ thuật được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 đến 4, có vấn đề ở chỗ việc bổ sung nguyên tố sẽ bị thiên tách làm suy giảm đáng kể độ dai và tấm thép bị gãy trong quá trình luồn trong bước tẩy gỉ. Nghĩa là, không thể thỏa mãn cả việc cải thiện độ dai của các tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng và tổn hao do sắt thấp và các mật độ từ thông cao trong các tấm thép điện không định hướng.

Sáng chế được thực hiện khi xem xét vấn đề đã nêu ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đáp ứng cả độ dai tấm cán nóng và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã lặp lại các nghiên cứu chuyên sâu về phương pháp để đáp ứng cả độ dai tấm cán nóng và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ trong tấm thép điện không định hướng. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, khi nhiệt độ ủ nóng đều và thời gian trong quá trình ủ dài nóng được kiểm soát để nằm trong các khoảng cụ thể và tốc độ làm nguội được thay đổi theo hướng chiều rộng, có thể thu được vật liệu có độ dai tấm cán nóng vượt trội và các đặc tính từ vượt trội. Nghĩa là, đã phát hiện ra rằng, khi cuộn cán nóng sau khi ủ dài nóng được ủ và nhiệt độ được giữ trong quá trình vận chuyển cuộn cán nóng, có thể thỏa mãn cả độ dai tấm cán nóng và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ. Theo sáng chế, độ dai tấm cán nóng có nghĩa là độ dai của tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng trước quá trình tẩy gỉ mà đã trải qua quá trình ủ dài nóng hoặc quá trình xử lý bảo toàn nhiệt và sau đó quá trình làm nguội.

Ý chính của sáng chế được thực hiện dựa trên phát hiện đã mô tả ở trên là như được mô tả dưới đây.

[1] Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này chứa, theo % khối lượng,

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

Si: lớn hơn hoặc bằng 1,9% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%,

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%,

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%,

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và,

khi chiều rộng tấm được thể hiện bởi W, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%.

[2] Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo mục [1], còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm:

Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%,

Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, và

Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

[3] Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo mục [1] hoặc [2], còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm:

một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nguyên tố đất hiếm (rare earth metal, REM): lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%,

Ca: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%, và

Mg: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đáp ứng cả độ dai tấm cán nóng và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1(A) là hình vẽ sơ lược để mô tả cấu trúc kim tướng học của tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án này, và Fig.1(B) là hình vẽ sơ lược để mô tả cấu trúc kim tướng học của vật liệu so sánh.

Fig.2 là đồ thị thể hiện các kết quả của thử nghiệm Charpy trong các ví dụ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phương án để thực hiện sáng chế

Sau đây, phương án được ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn chỉ ở cấu hình được bộc lộ trong phương án này và có thể được cải biến theo nhiều cách khác nhau nằm trong phạm vi của ý chính của sáng chế. Trong phần mô tả sau đây, sẽ có các trường hợp tại đó các giá trị số hoặc các vật liệu cụ thể được lấy ví dụ, nhưng các giá trị số hoặc các vật liệu khác có thể cũng được áp dụng miễn là có thể thu được tác dụng của sáng chế. Ngoài ra, các yếu tố cấu hình riêng lẻ của phương án được mô tả dưới đây có thể được phối hợp với nhau.

Tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng

Thành phần hóa học

Trước tiên, thành phần hóa học của tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án này (sau đây, tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng sẽ còn được gọi đơn giản là tấm thép) sẽ được mô tả. Sau đây, trừ khi được mô tả cụ thể theo cách khác, ký hiệu “%” cho biết “% khối lượng”. Ngoài ra, các khoảng giới hạn

bằng số được mô tả dưới đây bao gồm giá trị giới hạn dưới và giá trị giới hạn trên trong các khoảng này. Các giá trị số được thể hiện bởi 'lớn hơn' hoặc 'nhỏ hơn' không được bao gồm trong các khoảng số này.

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%

C làm tăng tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng, mà là sản phẩm cuối cùng, và có tác động như là nguyên nhân cho sự già hóa từ. Hàm lượng C của tấm thép theo phương án này nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Giới hạn dưới của hàm lượng C bao gồm 0%; tuy nhiên, khi xét đến các kỹ thuật công nghiệp, khó đặt hàm lượng C đến 0%, và trên thực tế, giới hạn dưới đáng kể là 0,0001%.

Si: lớn hơn hoặc bằng 1,9% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%

Si có tác dụng làm giảm tổn hao do sắt bằng cách tăng điện trở của tấm thép điện không định hướng để làm giảm tổn hao do dòng xoáy. Ngoài ra, Si còn có tác dụng cải thiện độ chính xác dập phôi thành các lõi sắt bằng cách tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Khi hàm lượng Si của tấm thép lớn hơn hoặc bằng 1,9%, có thể thu được tác dụng đã mô tả ở trên. Hàm lượng Si của tấm thép tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2,0% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,1%. Mặt khác, khi hàm lượng Si quá mức, mật độ từ thông của tấm thép điện không định hướng giảm xuống, và, trong các bước sản xuất tấm thép điện không định hướng, khả năng gia công đối với quá trình cán nguội hoặc tương tự giảm do sự tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền, và các chi phí tăng lên, và do đó hàm lượng Si nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%. Hàm lượng Si của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,5%.

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%

Tương tự với Si, Al có tác dụng làm giảm tổn hao do sắt bằng cách tăng điện trở của tấm thép điện không định hướng để làm giảm tổn hao do dòng xoáy, nhưng tăng giới hạn chảy ở mức độ nhỏ so với Si. Khi hàm lượng Al lớn hơn hoặc bằng 0,10%, tổn hao do sắt giảm xuống, giới hạn chảy tăng lên, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tăng để cải thiện khả năng dập phôi thành các lõi sắt. Hàm lượng Al của tấm thép tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,20%. Mặt khác, khi hàm lượng Al của tấm thép quá mức, mật độ từ thông bão hòa giảm xuống, và mật độ từ thông giảm xuống. Ngoài ra, khi hàm

lượng Al của tấm thép quá mức, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền giảm, và độ chính xác dập phôi của tấm thép điện không định hướng giảm xuống. Do đó, hàm lượng Al của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%. Hàm lượng Al của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,5%. Hàm lượng Al có thể lớn hơn hoặc bằng 0,1% hoặc có thể lớn hơn hoặc bằng 0,2%.

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%

Mn có tác dụng làm tăng điện trở để giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện kết cấu tái kết tinh sơ cấp để phát triển định hướng tinh thể $\{110\}<001>$, là điều mong muốn để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán. Ngoài ra, Mn ngăn chặn sự kết tủa của sulfua mịn như MnS, có hại cho sự phát triển hạt tinh thể. Đối với các mục đích như vậy, hàm lượng Mn của tấm thép lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Hàm lượng Mn của tấm thép tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,20%. Mặt khác, khi hàm lượng Mn quá mức, sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ giảm xuống, và tổn hao do sắt tăng lên. Do đó, hàm lượng Mn của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%. Hàm lượng Mn của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%. Hàm lượng Mn có thể lớn hơn hoặc bằng 0,1% hoặc có thể lớn hơn hoặc bằng 0,2%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%

P có tác dụng làm tăng độ chính xác dập phôi của tấm thép điện không định hướng, nhưng sự tăng hàm lượng P làm cho tấm thép cực kỳ giòn. Trong các tấm thép với $Si \geq 2\%$, xu hướng như vậy là đáng kể. Do đó, hàm lượng P của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%. Hàm lượng P của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%. Giới hạn dưới của hàm lượng P không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,005% từ quan điểm làm suy giảm mật độ từ thông bởi sự giảm của P.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%

S bị kết tủa mịn dưới dạng sulfua như MnS và làm giảm sự tái kết tinh và sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ cuối cùng hoặc tương tự. Do đó, hàm lượng S của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%. Hàm lượng S của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,004%. Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005% từ quan điểm tăng chi phí do quá trình khử lưu huỳnh.

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%

N làm giảm tỷ lệ phủ của lớp oxit bên trong mà được tạo ra trên phía bề mặt của tấm cán nóng bởi sự kết tủa mịn của nitrua như AlN, được tạo ra trong quá trình ủ dải nóng hoặc quá trình ủ cuối cùng, và, ngoài ra, làm giảm sự tái kết tinh và sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ cuối cùng hoặc tương tự. Do đó, hàm lượng N của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Hàm lượng N của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%. Giới hạn dưới của hàm lượng N không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005% từ quan điểm tăng chi phí để giảm N.

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%

B làm giảm sự tái kết tinh và sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ cuối cùng hoặc tương tự do sự kết tủa mịn của nitrua như BN. Do đó, hàm lượng B của tấm thép nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%. Hàm lượng B của tấm thép tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Giới hạn dưới của hàm lượng B không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0001% từ quan điểm tăng chi phí để giảm N.

Tấm thép theo phương án này tốt hơn là còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%. Sau đây, lượng của mỗi nguyên tố sẽ được mô tả. Sn, Sb và Cu không phải là nguyên tố thiết yếu trong tấm thép, và do đó giới hạn dưới của các lượng của nó là 0%. Ngoài ra, ngay cả khi các nguyên tố này được chứa dưới dạng các tạp chất, các tác dụng đã mô tả ở trên không bị suy giảm.

Sn, Sb và Cu có các tác dụng cải thiện kết cấu tái kết tinh sơ cấp của tấm thép nền, làm phát triển thêm nữa kết cấu với kết cấu $\{110\}<001>$, mà là điều mong muốn để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán, và ngăn chặn thêm nữa kết cấu $\{111\}<112>$ hoặc tương tự, mà là điều không mong muốn đối với các đặc tính từ. Mặt khác, ngay cả khi hàm lượng Sn, hàm lượng Sb hoặc hàm lượng Cu tăng lên, các tác dụng đã mô tả ở trên bị bão hòa, và ngược lại, có các trường hợp tại đó độ dai của tấm thép bị giảm xuống. Do đó, tấm thép nền tốt hơn là chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Tấm thép theo phương án này tốt hơn là còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ REM: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%, Ca: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040% và Mg: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%. Khi hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ REM, Ca và Mg lớn hơn hoặc bằng 0,00050%, sự phát triển hạt được thúc đẩy thêm nữa. Hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ REM, Ca và Mg tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0010% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0050%. Mặt khác, khi hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ REM, Ca và Mg nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%, sự suy giảm các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng được ngăn chặn thêm nữa. Hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ REM, Ca và Mg tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0300% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0200%. REM, Ca và Mg không phải là các nguyên tố thiết yếu trong tấm thép, và do đó giá trị giới hạn dưới của hàm lượng của chúng là 0%. REM là chữ viết tắt cho kim loại đất hiếm và dùng để chỉ Sc, Y và các nguyên tố thuộc họ lantan. Trong công nghiệp, các nguyên tố họ lantan được bổ sung ở dạng kim loại đất hiếm.

Các thành phần thép đã mô tả ở trên có thể được đo bằng phương pháp phân tích thép thông thường. Chẳng hạn, các thành phần thép có thể được đo bằng cách sử dụng phổ phát xạ plasma-nguyên tử kết hợp cảm ứng (inductively coupled plasma-atomic emission spectrometry, ICP-AES). C và S có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp hấp thụ hồng ngoại sau khi đốt cháy, N có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp dẫn nhiệt-nóng chảy sử dụng khí trơ, và O có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp hấp thụ hồng ngoại không tán sắc-nóng chảy sử dụng khí trơ.

Cấu trúc kim tương học

Tiếp theo, cấu trúc kim tương học của tấm thép theo phương án này sẽ được mô tả dựa vào Fig.1. Fig.1(A) là hình vẽ sơ lược để mô tả cấu trúc kim tương học của tấm thép theo phương án này. Fig.1(B) là hình vẽ sơ lược để mô tả cấu trúc kim tương học

của vật liệu so sánh. Tấm thép được thể hiện trên Fig.1(A) và tấm thép được thể hiện trên Fig.1(B) có cùng thành phần hóa học, nhưng các điều kiện sản xuất là khác biệt đối với tấm thép được thể hiện trên Fig.1(A) và tấm thép được thể hiện trên Fig.1(B).

Trên Fig.1, WS cho biết phần cuối của tấm thép cán nóng theo hướng chiều rộng, C cho biết phần trung tâm của tấm thép cán nóng theo hướng chiều rộng, và DS cho biết phần khác của tấm thép cán nóng theo hướng chiều rộng. Ngoài ra, RD cho biết hướng cán, và ND cho biết hướng pháp tuyến với bề mặt cán (hướng độ dày tấm).

Trong cấu trúc kim tướng học của tấm thép theo phương án này, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và, khi chiều rộng tấm được thể hiện bởi W, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%. Ở đây, W lớn hơn hoặc bằng 800mm. Do đó, vị trí $1/4W$ từ phần cuối theo hướng chiều rộng tấm được xác định vị trí trên phía trung tâm chiều rộng tấm của các vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm. Ở đây, mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm có nghĩa là mặt cắt ngang song song với hướng độ dày tấm của tấm thép theo hướng dọc (hoặc hướng cán).

Trong tấm thép theo phương án này, như được thể hiện trên Fig.1(A), các bề mặt trước và sau (các phần cuối theo hướng ND) được tái kết tinh, và các hạt tinh thể được xác nhận, nhưng trung tâm theo hướng độ dày tấm kéo dài theo hướng cán, và cấu trúc biến dạng tạo ra hình dạng phiến theo hướng độ dày tấm được xác nhận. Mặt khác, trong trường hợp của tấm thép thông thường như được thể hiện trên Fig.1(B), không có cấu trúc biến dạng tạo ra hình dạng phiến theo hướng cán được xác nhận ở trung tâm độ dày tấm. Cấu trúc tái kết tinh như vậy dùng để chỉ cấu trúc có tỷ lệ hình thể nhỏ hơn hoặc bằng 2,5, và cấu trúc biến dạng dùng để chỉ cấu trúc có tỷ lệ hình thể lớn hơn 2,5. Tỷ lệ hình thể có thể được tính bằng cách đo chiều dài của trục chính và chiều dài của trục phụ bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope, SEM).

Thông thường, khi tỷ lệ tái kết tinh của tấm thép nhỏ, tổn hao do sắt của tấm thép điện không định hướng mà là sản phẩm cuối cùng, trở nên lớn, và mật độ từ thông giảm

xuống. Trong tấm thép theo phương án này, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và phần từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm đến mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm là phần có tỷ lệ tái kết tinh nhỏ hơn và có thể là nguyên nhân cho sự tăng tổn hao do sắt. Tuy nhiên, trong trường hợp sản xuất tấm thép điện không định hướng bằng cách sử dụng tấm thép theo phương án này, cuối cùng các phần đã mô tả ở trên được cắt bỏ, và phần còn lại khác với các phần này trở thành tấm thép điện không định hướng mà là sản phẩm cuối cùng. Do đó, ngay cả khi tỷ lệ tái kết tinh của phần từ mỗi trong số cả hai phần cuối của tấm thép theo phương án này theo hướng chiều rộng tấm đến mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, phần này không làm suy giảm các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng. Mặt khác, khi tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%, độ dai giảm xuống, tấm thép không có khả năng chịu được ứng suất được truyền bằng cách gia công uốn bằng máy dát phẳng hoặc máy tương tự trong quá trình tẩy gỉ, mà là quá trình gia công sau, các vết nứt và tương tự được bắt đầu, và trở nên không thể uốn tấm thép một cách ổn định. Tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 45% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 40%.

Mặt khác, khi tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%, độ bền theo định hướng tinh thể $\{111\}$, mà làm suy giảm các đặc tính từ trong sản phẩm thép, giảm xuống. Kết quả là, tổn hao do sắt giảm xuống, và có thể thu được mật độ từ thông cao. Tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 55% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 60%.

Tỷ lệ tái kết tinh theo sáng chế dùng để chỉ tỷ lệ của diện tích của phần ngoại trừ cấu trúc biến dạng so với diện tích của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm của tấm

thép. Tỷ lệ tái kết tinh có thể được tính bằng cách quan sát mặt cắt ngang của tấm thép trước khi cán nguội (trước khi tẩy gỉ) bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Đặc biệt là, mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối của tấm thép trước khi cán nguội theo hướng chiều rộng tấm được đánh bóng bằng cách sử dụng chất khắc ăn mòn Nital, và ảnh mặt cắt ngang sau khi đánh bóng thu được bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Nhiều đường thẳng được vẽ ở các bước khoảng cách $200\mu\text{m}$ theo hướng độ dày tấm và theo hướng cán trên ảnh cấu trúc, và, đối với tổng số lượng của các giao điểm của các đường thẳng theo hướng độ dày tấm và các đường thẳng theo hướng cán, tỷ lệ phần trăm của các giao điểm trên đó pha tái kết tinh được xác định vị trí được coi là tỷ lệ tái kết tinh.

Như đã mô tả ở trên, theo tấm thép của sáng chế, có thể cung cấp tấm thép điện không định hướng thỏa mãn cả việc cải thiện độ dai tấm cán nóng và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao. Sáng chế có thể sản xuất và cung cấp ổn định, mà không gây ra các vết gãy, tấm thép điện không định hướng có tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao, là điều mong muốn dưới dạng các vật liệu lõi sắt dành cho thiết bị điện, cụ thể là, các vật liệu lõi sắt cho máy điện quay, các máy biến áp kích thước nhỏ và trung bình, các linh kiện điện và loại tương tự. Do đó, sáng chế có thể đáp ứng đủ nhu cầu cấp thiết về việc sản xuất hàng loạt trong lĩnh vực thiết bị điện đã nêu ở trên trong đó tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu lõi sắt, và giá trị công nghiệp của nó rất cao.

Phương pháp sản xuất tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án này (sau đây, phương pháp sản xuất tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng sẽ còn được gọi đơn giản là phương pháp sản xuất tấm thép) sẽ được mô tả. Phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án này có quá trình cán nóng để cán nóng phối tấm có thành phần hóa học đã mô tả ở trên, quá trình ủ dải nóng để ủ tấm thép sau quá trình cán nóng và quá trình làm nguội hoặc quá trình xử lý bảo toàn nhiệt thay cho quá trình ủ dải nóng. Trong phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án này, quá trình làm nguội là đặc biệt quan trọng để tạo ra cấu trúc kim tướng học đã

mô tả ở trên trong tấm thép. Sau đây, trường hợp tại đó phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án này có quá trình cán nóng và ủ và quá trình làm nguội (phương pháp sản xuất thứ nhất) và trường hợp trong đó phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án này có quá trình xử lý bảo toàn nhiệt và quá trình làm nguội (phương pháp sản xuất thứ hai) mỗi phương pháp sẽ được mô tả.

Trong trường hợp trong đó tấm thép theo phương án này được sản xuất bằng phương pháp sản xuất thứ nhất, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng có quá trình cán nóng để cán nóng phôi tấm có thành phần hóa học đã mô tả ở trên, quá trình ủ dải nóng để ủ tấm thép sau quá trình cán nóng, quá trình làm nguội, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, quá trình ủ cuối cùng và quá trình tạo lớp bao cách điện. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó tấm thép theo phương án này được sản xuất bằng phương pháp sản xuất thứ hai, phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng có quá trình cán nóng để cán nóng phôi tấm có thành phần hóa học đã mô tả ở trên, quá trình xử lý bảo toàn nhiệt, quá trình làm nguội, quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, quá trình ủ cuối cùng và quá trình tạo lớp bao cách điện.

Ngoài ra, trong phương án này, tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng dùng để chỉ tấm thép trước quá trình tẩy gỉ đã trải qua quá trình ủ dải nóng hoặc quá trình xử lý bảo toàn nhiệt và sau đó là quá trình làm nguội. Tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể cũng được gọi là, chẳng hạn, “tấm được ủ dải nóng được sử dụng dành cho tấm thép điện không định hướng” trong trường hợp thu được bằng phương pháp sản xuất thứ nhất được mô tả dưới đây. Ngoài ra, tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng theo phương án này có thể cũng được gọi là “tấm cán nóng được sử dụng dành cho tấm thép điện không định hướng” trong trường hợp thu được bằng phương pháp sản xuất thứ hai được mô tả dưới đây.

Phương pháp sản xuất thứ nhất

Quá trình cán nóng

Trong quá trình cán nóng, phôi tấm chứa các thành phần hóa học đã mô tả ở trên được cán nóng để tạo ra tấm thép cán nóng. Nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm cao hơn hoặc bằng 1080°C và thấp hơn hoặc bằng 1200°C. Khi nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm thấp hơn hoặc bằng 1200°C, sự hình thành dung dịch rắn hoặc kết tủa mịn của sulfua

hoặc loại tương tự được ngăn chặn, và ngăn chặn được sự tăng tổn hao do sắt. Giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm tốt hơn là 1180°C . Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm cao hơn hoặc bằng 1080°C , khả năng gia công nóng cao có thể thu được. Giới hạn dưới của nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm tốt hơn là 1100°C .

Nhiệt độ hoàn thiện cao hơn hoặc bằng 850°C và thấp hơn hoặc bằng 1000°C . Khi nhiệt độ hoàn thiện thấp hơn 850°C , khả năng gia công nóng giảm xuống, và độ chính xác độ dày tấm theo hướng chiều rộng tấm giảm xuống. Giới hạn dưới của nhiệt độ hoàn thiện tốt hơn là 860°C . Mặt khác, khi nhiệt độ hoàn thiện cao hơn 1000°C , tỷ lệ tái kết tinh của tấm thép cán nóng trở nên cao hơn, và độ dai giảm xuống. Giới hạn trên của nhiệt độ hoàn thiện tốt hơn là 990°C .

Quá trình ủ dải nóng

Trong quá trình ủ dải nóng, tấm thép sau quá trình cán nóng được ủ, và tấm thép đã ủ được quấn để tạo ra cuộn. Nhiệt độ ủ cao hơn hoặc bằng 900°C và thấp hơn hoặc bằng 950°C , và thời gian ủ dài hơn hoặc bằng 30 giây và ngắn hơn hoặc bằng 100 giây. Khi nhiệt độ ủ thấp hơn 900°C , sự tái kết tinh đủ không xảy ra, và, trong trường hợp sản xuất tấm thép kỹ thuật điện bằng cách sử dụng tấm thép mà không được tái kết tinh đủ, các hạt tinh thể theo định hướng $\{111\}$ phát triển và do đó làm suy giảm các đặc tính từ. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ tốt hơn là 910°C . Mặt khác, khi nhiệt độ ủ cao hơn 950°C , tỷ lệ tái kết tinh tăng lên, và tác dụng của việc kiểm soát cấu trúc trong quá trình làm nguội, mà là quá trình tiếp theo, không thể thu được đủ. Giới hạn trên của nhiệt độ ủ tốt hơn là 940°C .

Môi trường khí ủ không bị giới hạn cụ thể và có thể là môi trường khí trong đó quá trình ủ dải nóng thông thường được thực hiện. Môi trường khí ủ cần phải, chẳng hạn, là môi trường khí trơ hoặc môi trường khí oxy hóa và, đặc biệt là, môi trường khí nitơ, môi trường khí argon, môi trường chân không, môi trường khí, môi trường khí oxy hoặc môi trường khí tương tự.

Quá trình làm nguội

Trong quá trình làm nguội, cuộn đã ủ dải nóng được làm nguội ở tốc độ làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Chi tiết, cuộn được tạo ra bằng cách quấn tấm cán nóng ở nhiệt độ cao được làm nguội từ bề mặt bên

của cuộn (bề mặt trên đó bề mặt bên của tấm thép đã ủ dài nóng được xếp lớp) bằng cách phun không khí (xấp xỉ từ 15°C đến 20°C) về phía bề mặt bên bằng, chẳng hạn, máy quạt.

Trong quá trình làm nguội, cuộn được làm nguội theo cách mà tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhanh hơn tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí $1/4W$ theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm. Tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là tốc độ làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm là tốc độ làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí $1/4W$ theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là chậm hơn $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và tốt hơn nữa là chậm hơn hoặc bằng $0,4^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Trong quá trình làm nguội theo phương án này, như đã mô tả ở trên, quá trình làm nguội được thực hiện bằng cách đưa không khí bằng máy quạt đến bề mặt bên của cuộn được tạo ra bằng cách quấn tấm cán nóng ở nhiệt độ cao. Do đó, tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhanh hơn tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí $1/4W$ theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội không được kiểm soát bằng hoạt động như phun bằng máy quạt, khó đạt được điều kiện tốc độ làm nguội của đơn này.

Là tốc độ làm nguội đã mô tả ở trên ở mỗi vị trí theo hướng chiều rộng tấm, nhiệt độ bề mặt ở mỗi vị trí theo hướng chiều rộng tấm được đo. Thời gian trong quá trình mà không khí được phun đến bề mặt bên của cuộn bằng máy quạt được coi là thời gian làm nguội trong quá trình làm nguội.

Để làm giảm tỷ lệ tái kết tinh, tốc độ làm nguội tốt hơn là càng nhanh càng tốt; tuy nhiên, khi tốc độ làm nguội nhanh hơn $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của

mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm giảm xuống, và các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách sử dụng tấm thép này giảm xuống. Giới hạn trên của tốc độ làm nguội tốt hơn là $1,8^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Mặt khác, khi tốc độ làm nguội chậm hơn $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, nguyên tố như P hoặc Sn bị thiên tách ở các biên hạt trong quá trình quá trình làm nguội, và độ dai giảm xuống. Giới hạn dưới của tốc độ làm nguội tốt hơn là $0,6^{\circ}\text{C}/\text{phút}$.

Quá trình làm nguội có thể được thực hiện, chẳng hạn, giữa quá trình vận chuyển của cuộn đến thiết bị tẩy gỉ được sử dụng trong quá trình tẩy gỉ, trước quá trình cán nguội của tấm thép, trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng. Trong trường hợp này, cuộn tốt hơn là được vận chuyển ở trạng thái tại đó hướng trục của cuộn gần như nằm ngang. Khi cuộn được vận chuyển ở trạng thái tại đó hướng trục của cuộn gần như nằm ngang, ở cả hai đầu của mép cuộn, các tốc độ làm nguội trở nên gần như nhau, và thu được các cấu trúc kim tương học gần giống nhau.

Theo phương pháp sản xuất thứ nhất, vì cuộn được làm nguội từ bề mặt bên, tốc độ làm nguội trở nên nhanh hơn ở phần cuối của cuộn so với ở phần trung tâm theo hướng chiều rộng, và lượng của nhiệt được truyền đến phần cuối của cuộn trở nên nhỏ. Kết quả là, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhỏ hơn 50%. Mặt khác, tốc độ làm nguội chậm ở phần trung tâm cuộn, và tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên lớn hơn hoặc bằng 50%. Phương pháp sản xuất thứ nhất đã được mô tả ở trên.

Phương pháp sản xuất thứ hai

Sau đó, phương pháp sản xuất thứ hai sẽ được mô tả. Phương pháp sản xuất thứ hai bao gồm quá trình cán nóng để cán nóng phôi tấm có thành phần hóa học đã mô tả ở trên và quá trình xử lý bảo toàn nhiệt. Quá trình cán nóng trong phương pháp sản xuất thứ hai giống như quá trình cán nóng trong phương pháp sản xuất thứ nhất và do đó sẽ không được mô tả lại. Sau đây, quá trình xử lý bảo toàn nhiệt sẽ được mô tả chi tiết.

Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt

Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt là quá trình duy trì nhiệt của tấm thép ở trạng thái nhiệt độ cao sau quá trình cán nóng. Trong quá trình xử lý bảo toàn nhiệt, cấu trúc kim tương học được kiểm soát bằng cách sử dụng nhiệt này. Trong quá trình xử lý bảo toàn nhiệt, đặc biệt là, cuộn được tạo ra bằng cách quấn tấm thép cán nóng được che phủ bằng băng che phủ bảo toàn nhiệt duy trì nhiệt của cuộn, do đó giữ được nhiệt của cuộn. Phương pháp quấn để quấn tấm thép sau quá trình cán nóng để tạo ra cuộn giống như phương pháp quấn trong quá trình ủ dải nóng của phương pháp sản xuất thứ nhất và do đó sẽ không được mô tả lại.

Nhiệt độ bảo toàn nhiệt, là nhiệt độ của cuộn trong quá trình quá trình bảo toàn nhiệt, là cao hơn hoặc bằng 600°C và thấp hơn hoặc bằng 850°C . Khi nhiệt độ bảo toàn nhiệt cao hơn 850°C , tỷ lệ tái kết tinh ở phía bề mặt của cuộn tăng lên. Giới hạn trên của nhiệt độ bảo toàn nhiệt tốt hơn là 840°C . Mặt khác, khi nhiệt độ bảo toàn nhiệt thấp hơn 600°C , phần trung tâm của cuộn theo hướng chiều rộng (hướng chiều rộng tấm) không được tái kết tinh đủ, và tổn hao do sứt tăng và do đó giảm mật độ từ thông. Giới hạn dưới của nhiệt độ bảo toàn nhiệt tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 650°C và tốt hơn nữa là cao hơn hoặc bằng 700°C . Thời gian từ khi đặt áo bọc đã nêu ở trên lên cuộn đến khi loại bỏ nó được coi là thời gian bảo toàn nhiệt trong quá trình xử lý bảo toàn nhiệt. Thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn là từ một phút đến hai giờ.

Trong trường hợp trong đó nhiệt độ bảo toàn nhiệt cao, quá trình xử lý bảo toàn nhiệt có thể được thực hiện mà không cần đến áo bọc. Trong trường hợp này, quá trình xử lý bảo toàn nhiệt bắt đầu ở thời điểm tại đó tấm thép cán nóng được quấn để tạo ra cuộn và kết thúc ở thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm xuống. Thời điểm tại đó cuộn được tạo ra là thời điểm tại đó việc quấn của một dải của tấm thép cán nóng thành một vòng đơn của cuộn được hoàn thành. Ngoài ra, thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm là thời điểm tại đó tốc độ làm nguội của cuộn thay đổi, nói cách khác, điểm uốn của đường cong tốc độ làm nguội. Phụ thuộc vào nhiệt độ bảo toàn nhiệt, có các trường hợp trong đó sự thay đổi nhiệt độ của cuộn là cực kỳ nhỏ trong khoảng thời gian đã được xác định trước từ thời điểm tại đó việc quấn của cuộn được hoàn thành, và, khi thời gian đã được xác định trước này trôi qua, nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm nhanh.

Trong trường hợp phôi tấm được sử dụng để sản xuất tấm thép chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, vì các nguyên tố này góp phần vào sự giảm tổn hao do sắt và sự tăng mật độ từ thông, có thể làm giảm nhiệt độ bảo toàn nhiệt, và do đó độ dai của tấm thép có thể được cải thiện hơn nữa. Do đó, trong trường hợp phôi tấm chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, trở nên có thể đáp ứng cao hơn cả độ dai thích hợp và giảm tổn hao do sắt và tăng mật độ từ thông bằng cách đặt nhiệt độ của quá trình xử lý bảo toàn nhiệt đến thấp hơn hoặc bằng 850°C.

Không cần phải nói rằng, ngay cả trong trường hợp trong đó phôi tấm chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, khi nhiệt độ gia nhiệt hoặc nhiệt độ hoàn thiện trong quá trình cán nóng được tăng lên, tỷ lệ tái kết tinh tăng lên, và các đặc tính từ cải thiện, nhưng có các trường hợp trong đó độ dai giảm xuống. Trong các trường hợp như vậy, tỷ lệ tái kết tinh có thể được điều chỉnh bằng cách, chẳng hạn, kiểm soát nhiệt độ quăn.

Cơ chế để làm giảm tổn hao do sắt và tăng mật độ từ thông khi phôi tấm chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% và Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50% là không rõ ràng, nhưng cho rằng các nguyên tố này ngăn chặn sự phát triển của các hạt định hướng {111} mà có ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính từ.

Thời gian bảo toàn nhiệt, là thời gian trong quá trình mà nhiệt độ của cuộn được giữ ở nhiệt độ đã mô tả ở trên, tốt hơn là dài hơn hoặc bằng một phút từ quan điểm tái kết tinh. Giới hạn dưới của thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn nữa là 15 phút. Mặt khác, khi thời gian bảo toàn nhiệt dài hơn hai giờ, tỷ lệ tái kết tinh trong vùng lân cận của bề

mặt bên của cuộn tăng lên, và các vết nứt có thể được bắt đầu trong quá trình tẩy gỉ hoặc quá trình cán nguội khi sản xuất tấm thép điện không định hướng. Do đó, thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn là ngắn hơn hoặc bằng hai giờ. Thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn nữa là ngắn hơn hoặc bằng 1,5 giờ.

Môi trường khí khi bảo toàn nhiệt không bị giới hạn cụ thể, và nhiệt của cuộn có thể được duy trì trong môi trường khí trong đó quá trình ủ dải nóng thông thường được thực hiện. Môi trường khí khi bảo toàn nhiệt cần phải là, chẳng hạn, môi trường khí trơ hoặc môi trường khí oxy hóa và đặc biệt là môi trường khí nitơ, môi trường khí argon, môi trường chân không, môi trường khí, môi trường khí oxy hoặc môi trường khí tương tự.

Khi tấm thép trải qua quá trình xử lý bảo toàn nhiệt đã mô tả ở trên, các nguyên tố bị thiên tách ở các biên hạt, và sự tái kết tinh của các hạt định hướng $\{111\}$, mà xuất hiện từ các biên hạt sau khi cán nóng và ủ, được ngăn chặn, là các tác dụng của quá trình xử lý bảo toàn nhiệt. Do đó, tấm thép điện không định hướng sản xuất bởi phương pháp sản xuất thứ hai có quá trình xử lý bảo toàn nhiệt là vượt trội dựa vào các đặc tính từ so với tấm thép điện không định hướng sản xuất bởi phương pháp sản xuất thứ nhất có quá trình ủ.

Quá trình làm nguội

Trong quá trình làm nguội, cuộn đã trải qua quá trình xử lý bảo toàn nhiệt được làm nguội ở tốc độ làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Chi tiết, cuộn đã trải qua quá trình xử lý bảo toàn nhiệt được làm nguội từ bề mặt bên của cuộn (bề mặt trên đó bề mặt bên của tấm thép sau quá trình xử lý bảo toàn nhiệt đã được xếp lớp) bằng cách phun không khí (xấp xỉ từ 15°C đến 20°C) về phía bề mặt bên, chẳng hạn, bằng máy quạt.

Trong quá trình làm nguội, cuộn được làm nguội theo cách mà tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhanh hơn tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí $1/4W$ theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm. Tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là tốc độ

làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm là tốc độ làm nguội nhanh hơn hoặc bằng $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và chậm hơn hoặc bằng $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí 1/4W theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm tốt hơn là chậm hơn $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$ và tốt hơn nữa là chậm hơn hoặc bằng $0,4^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Trong quá trình làm nguội theo phương án này, như đã mô tả ở trên, quá trình làm nguội được thực hiện bằng cách đưa không khí bằng máy quạt đến bề mặt bên của cuộn được tạo ra bằng cách quấn tấm cán nóng ở nhiệt độ cao. Do đó, tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhanh hơn tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí 1/4W theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm.

Là tốc độ làm nguội đã mô tả ở trên ở mỗi vị trí theo hướng chiều rộng tấm, nhiệt độ bề mặt ở mỗi vị trí theo hướng chiều rộng tấm được đo. Thời gian trong quá trình mà không khí được phun về phía bề mặt bên của cuộn bằng máy quạt được coi là thời gian làm nguội trong quá trình làm nguội.

Để làm giảm tỷ lệ tái kết tinh, tốc độ làm nguội tốt hơn là càng nhanh càng tốt; tuy nhiên, khi tốc độ làm nguội nhanh hơn $2,0^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí 1/4W từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm giảm xuống, và các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng được sản xuất bằng cách sử dụng tấm thép này giảm xuống. Giới hạn trên của tốc độ làm nguội tốt hơn là $1,8^{\circ}\text{C}/\text{phút}$. Mặt khác, khi tốc độ làm nguội chậm hơn $0,5^{\circ}\text{C}/\text{phút}$, nguyên tố như P hoặc Sn bị thiên tách ở các biên hạt trong quá trình quá trình làm nguội, và độ dai giảm xuống. Giới hạn dưới của tốc độ làm nguội tốt hơn là $0,6^{\circ}\text{C}/\text{phút}$.

Quá trình làm nguội có thể được thực hiện, chẳng hạn, giữa quá trình vận chuyển của cuộn đến thiết bị tẩy gỉ được sử dụng trong quá trình tẩy gỉ, trước quá trình cán nguội của tấm thép, trong phương pháp sản xuất tấm thép điện không định hướng. Trong trường hợp này, cuộn tốt hơn là được vận chuyển ở trạng thái tại đó hướng trục của cuộn

gần như nằm ngang. Khi cuộn được vận chuyển ở trạng thái tại đó hướng trục của cuộn gần như nằm ngang, ở cả hai đầu của mép cuộn, các tốc độ làm nguội trở nên gần như giống nhau, và thu được gần như các cấu trúc kim tương học giống nhau.

Quá trình làm nguội tốt hơn nữa là được bắt đầu ngay sau khi áo bọc đã nêu ở trên được loại bỏ. Theo cách khác, quá trình làm nguội tốt hơn nữa là được bắt đầu trước thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm xuống.

Theo phương pháp sản xuất thứ hai, tương tự với phương pháp sản xuất thứ nhất, vì cuộn được làm nguội từ bề mặt bên, tốc độ làm nguội trở nên nhanh hơn ở phần cuối của cuộn so với ở phần trung tâm theo hướng chiều rộng, và lượng của nhiệt được truyền đến phần cuối của cuộn trở nên nhỏ. Kết quả là, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên nhỏ hơn 50%. Mặt khác, tốc độ làm nguội chậm ở phần trung tâm cuộn, và tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí 1/4W từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm trở nên lớn hơn hoặc bằng 50%. Phương pháp sản xuất thứ hai là phương pháp sản xuất từ đó quá trình ủ dải nóng có thể được bỏ qua và do đó là phương pháp sản xuất tấm thép được ưu tiên hơn so với phương pháp sản xuất thứ nhất. Phương pháp sản xuất thứ hai đã được mô tả ở trên.

Theo phương pháp bất kỳ trong số phương pháp sản xuất thứ nhất và phương pháp sản xuất thứ hai, quá trình gia công hoàn thiện ở nhiệt độ cao có thể được thực hiện trên tấm thép sau quá trình cán nóng để kiểm soát các đường kính hạt tinh thể để đủ để ngăn chặn sự tăng tổn hao do sắt. Quá trình gia công hoàn thiện ở nhiệt độ cao là, chẳng hạn, gia công để tái kết tinh các tấm cán nóng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả. Các điều kiện trong các ví dụ này là các điều kiện ví dụ được chấp nhận để xác nhận tính khả thi và các tác dụng của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Sáng chế có thể chấp nhận nhiều điều kiện khác nhau nằm trong phạm vi của ý chính của sáng chế miễn là đạt được mục đích của sáng chế.

Ví dụ 1

Các thép có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 được đúc và cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trong các bảng 2 và 3, do đó tạo ra các tấm cán nóng có độ dày tấm bằng 2,0mm và chiều rộng tấm bằng 1000mm. Sau đó, quá trình xử lý nhiệt (quá trình ủ dải nóng) được thực hiện trong một giây đến 100 giây ở nhiệt độ ủ dải nóng được thể hiện trong bảng 2 (môi trường khí: 100% khí nitơ) hoặc quá trình xử lý bảo toàn nhiệt được thể hiện trong bảng 3 được thực hiện trên đó, và các tấm được làm nguội ở tốc độ làm nguội được thể hiện trong các bảng 2 và 3, do đó sản xuất được các tấm thép. Hàm lượng REM là tổng lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Sc, Y và các nguyên tố đất hiếm.

Quá trình làm nguội được thực hiện bằng cách sử dụng máy quạt. Về tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí cách xa 10mm theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm và tốc độ làm nguội ở mỗi vị trí 1/4W theo hướng trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm, các nhiệt độ bề mặt được đo.

Bảng 1

Thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng) (phần còn lại là Fe và các tạp chất)										Các nguyên tố nhóm A				Các nguyên tố nhóm B			
	C	Si	Mn	P	S	Al	B	N	Sn	Sb	Cu	REM	Ca	Mg				
A1	0,0040	2,3	0,5	0,01	0,004	2,4	0,0051	0,0033	-	-	-	-	-	-				
A2	0,0033	1,9	0,4	0,04	0,002	2,9	0,0011	0,0019	-	-	-	-	-	-				
A3	0,0036	3,5	0,3	0,07	0,001	1,0	0,0013	0,0029	-	-	-	-	-	-				
A4	0,0024	3,1	0,1	0,05	0,002	1,6	0,0034	0,0021	-	-	-	-	-	-				
A5	0,0028	3,1	2,0	0,04	0,004	0,4	0,0022	0,0018	-	-	-	-	-	-				
A6	0,0012	2,9	1,2	0,09	0,002	1,2	0,0011	0,0018	-	-	-	-	-	-				
A7	0,0035	2,8	1,0	0,01	0,005	1,4	0,0019	0,0012	-	-	-	-	-	-				
A8	0,0028	2,9	1,9	0,05	0,004	0,1	0,0045	0,0029	-	-	-	-	-	-				
A9	0,0011	2,5	0,5	0,04	0,005	3,0	0,0023	0,0021	-	-	-	-	-	-				
A10	0,0038	2,4	0,2	0,08	0,001	2,4	0,0060	0,0035	-	-	-	-	-	-				
A11	0,0023	2,3	0,3	0,01	0,002	2,5	0,0055	0,0040	-	-	-	-	-	-				
A12	0,0026	2,3	0,5	0,04	0,003	2,4	0,0013	0,0012	0,02	-	-	-	-	-				
A13	0,0014	2,2	0,2	0,08	0,002	2,7	0,0018	0,0027	-	0,04	-	-	-	-				
A14	0,0036	2,1	0,5	0,07	0,002	2,6	0,0014	0,0018	-	-	0,03	-	-	-				
A15	0,0029	2,0	0,2	0,02	0,003	2,9	0,0022	0,0032	-	-	-	0,002	-	-				
A16	0,0018	2,3	0,2	0,04	0,002	2,6	0,0013	0,0034	-	-	-	-	-	-				
A17	0,0021	2,4	0,3	0,03	0,004	2,6	0,0032	0,0012	-	-	-	-	-	-				
A18	0,0010	3,1	0,3	0,04	0,002	1,5	0,0023	0,0023	0,03	0,02	-	-	-	-				
A19	0,0034	3,2	0,6	0,04	0,003	1,2	0,0011	0,0021	0,02	-	0,02	-	-	-				
A20	0,0026	2,9	0,2	0,06	0,002	1,8	0,0018	0,0014	0,02	-	-	0,003	-	-				
A21	0,0038	2,8	0,8	0,08	0,001	1,6	0,0024	0,0032	0,04	-	-	0,002	0,0012	-				
A22	0,0013	2,9	1,1	0,04	0,004	1,2	0,0022	0,0021	0,03	-	-	-	-	-				
A23	0,0029	2,7	0,3	0,02	0,003	2,0	0,0034	0,0031	-	-	0,04	-	-	-				
A24	0,0010	2,6	0,4	0,05	0,002	2,1	0,0045	0,0029	-	-	0,02	0,005	-	-				
A25	0,0026	2,5	0,2	0,02	0,001	2,3	0,0021	0,0026	-	0,03	-	-	-	-				
a1	0,0080	2,1	0,2	0,08	0,004	2,8	0,0055	0,0019	-	-	-	-	-	-				
a2	0,0037	1,1	1,5	0,06	0,002	3,2	0,0023	0,0024	-	0,19	0,22	-	-	-				
a3	0,0028	4,2	0,2	0,05	0,003	0,2	0,0011	0,0023	-	-	-	-	-	-				

a4	0,0023	2,3	0,07	0,03	0,001	2,7	0,0018	0,0026	0,38	-	-	-	-	-
a5	0,0017	3,1	2,5	0,04	0,002	0,1	0,0011	0,0011	-	-	-	-	-	-
a6	0,0039	3,4	1,1	0,11	0,003	0,6	0,0025	0,0032	-	-	0,0033	0,0056	-	-
a7	0,0032	3,1	1,5	0,06	0,008	0,7	0,0055	0,0037	-	-	-	-	-	-
a8	0,0028	3,1	1,7	0,05	0,003	0,05	0,0028	0,0011	-	-	-	-	-	-
a9	0,0015	1,9	1,1	0,08	0,005	3,2	0,0019	0,0017	-	-	-	0,0034	0,0025	-
a10	0,0019	2,3	2,1	0,07	0,004	1,3	0,0072	0,0032	-	-	-	-	-	-
a11	0,0032	2,5	1,0	0,07	0,003	1,8	0,0033	0,0052	-	-	0,0056	-	-	-

Bảng 2

Phương pháp sản xuất số	Quá trình cán nóng		Quá trình ủ dài nóng		Quá trình làm nguội	
	Nhiệt độ gia nhiệt phối tấm (°C)	Nhiệt độ hoàn thiện (°C)	Nhiệt độ ủ (°C)	Thời gian ủ (giờ)	Tốc độ làm nguội ở vị trí cách xa 10mm từ phần cuối (°C/phút)	Tốc độ làm nguội ở vị trí 1/4W từ phần cuối (°C/phút)
B1	1080	900	920	90	1,5	0,3
B2	1200	930	950	70	1,8	0,2
B3	1090	850	930	90	1,7	0,1
B4	1100	1000	940	50	0,6	0,2
B5	1100	990	900	60	0,8	0,1
B6	1080	950	950	70	1,8	0,3
B7	1070	880	940	30	1,5	0,1
B8	1190	920	930	100	1,6	0,1
B9	1190	880	940	90	0,5	0,2
B10	1050	990	920	80	2,0	0,1
B11	1070	920	940	80	1,8	0,2
B12	1090	950	940	70	1,6	0,1
b1	1250	990	940	70	1,9	0,1
b2	1100	1100	930	60	1,5	0,1
b3	1150	980	1100	90	1,8	0,2
b4	1180	880	930	150	1,9	0,5
b5	1170	920	920	90	2,5	0,1
b6	1100	920	920	60	0,2	0,1
b7	1090	980	880	50	1,4	0,3
b8	1080	880	930	20	1,8	0,1
b9	1050	900	920	90	1,9	0,2
b10	1100	840	910	80	2,0	0,3

Bảng 3

Phương pháp sản xuất số	Quá trình cán nóng		Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt cuộn		Quá trình làm nguội	
	Nhiệt độ gia nhiệt phối tấm	Nhiệt độ hoàn thiện	Nhiệt độ bảo toàn nhiệt	Thời gian bảo toàn nhiệt	Tốc độ làm nguội ở vị trí cách xa 10mm từ phần cuối	Tốc độ làm nguội ở vị trí 1/4W từ phần cuối
	(°C)	(°C)	(°C)	(phút)	(°C/phút)	(°C/phút)
C1	1080	900	650	60	1,2	0,1
C2	1200	950	700	100	1,4	0,1
C3	1090	850	750	8	1,3	0,2
C4	1100	1000	780	15	1,6	0,2
C5	1190	880	600	80	1,8	0,3
C6	1180	900	850	5	1,7	0,2
C7	1160	920	830	1	0,9	0,1
C8	1090	890	800	120	1,3	0,1
C9	1110	920	810	40	0,8	0,2
C10	1130	990	770	80	1,8	0,1
c1	1190	870	550	120	1,5	0,1
c2	1160	990	900	100	1,1	0,2
c3	1180	990	750	0,5	1,3	0,1
c4	1190	940	750	200	1,8	0,1
c5	1090	920	750	15	2,1	0,2
c6	1110	950	780	20	0,4	0,1
c7	1050	980	740	100	1,5	0,4
c8	1250	880	690	90	1,4	0,1
c9	1090	1100	800	60	1,2	0,5
c10	1150	820	700	80	1,7	0,1

Đối với mỗi trong số các tấm thép được sản xuất trong các điều kiện riêng rẽ, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm và tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí cách 500mm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm được đo. Các tỷ lệ tái kết tinh được tính bằng phương pháp sau đây. Trước tiên, mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí đã mô tả ở trên được đánh bóng bằng cách sử dụng nhôm oxit và được khắc ăn mòn bằng chất khắc ăn mòn Nital, và sau đó thu được ảnh mặt cắt ngang sau khi khắc ăn mòn bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Ngoài ra, nhiều đường thẳng được vẽ ở các bước khoảng cách 200 μ m theo hướng độ dày tấm và theo hướng cán trên ảnh cấu trúc, và, so với tổng số lượng của các giao điểm của các đường thẳng theo hướng độ dày tấm và các đường thẳng theo hướng cán, tỷ lệ phần trăm của các giao điểm trên đó pha tái kết tinh được xác định vị trí được coi là tỷ lệ tái kết tinh.

Ngoài ra, độ dai của tấm thép được sản xuất các được đánh giá bằng phương pháp sau đây. Thử nghiệm va đập Charpy được thực hiện theo JIS Z 2242: 2018, và phần trăm vết gãy dẻo của bề mặt bị gãy được xác nhận. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó nhiệt độ chuyển pha dẻo giòn (ductile brittle transition temperature, DBTT) thấp hơn hoặc bằng 0°C, kết quả đánh giá được coi là tốt (A), và, trong trường hợp trong đó DBTT cao hơn hoặc bằng 0°C, kết quả đánh giá được coi là kém (B).

Ngoài ra, các tấm thép đã sản xuất được tẩy gỉ bằng cách được nhúng trong axit clohydric (85°C, 7,5% khối lượng) trong 30 giây. Sau đó, quá trình cán nguội được thực hiện ở mức giảm cán nguội bằng 75% cho tới khi độ dày đạt 0,3mm, và quá trình ủ cuối cùng được thực hiện ở 1050°C trong 30 giây.

Mẫu có kích thước 55mm x 55mm được thu thập từ mỗi trong số các tấm thép đã được ủ cuối cùng, và $W_{15/50}$ (tổn hao do sắt ở thời điểm từ hóa tấm thép đến mật độ từ thông bằng 1,5T ở 50Hz) được đo bằng thiết bị thử nghiệm tấm đơn (single sheet tester, SST) theo JIS C 2556: 2015.

Đối với các ví dụ trong đó $W_{15/50}$ nhỏ hơn 2,60W/kg, các kết quả đánh giá được xác định là tốt (A), và, đối với các ví dụ trong đó $W_{15/50}$ lớn hơn hoặc bằng 2,60W/kg, các kết quả đánh giá được xác định là kém (B).

Là mật độ từ thông, B50 (T), là giá trị của mật độ từ thông ở thời điểm truyền lực từ hóa bằng 5000A/m, được đo. Đối với các ví dụ trong đó B50 lớn hơn hoặc bằng 1,60T, các kết quả đánh giá được xác định là tốt (A), và, đối với các ví dụ trong đó B50 nhỏ hơn 1,60T, các kết quả đánh giá được xác định là kém (B).

Các tỷ lệ tái kết tinh, độ dai và các mật độ từ thông được thể hiện trong bảng 4 và bảng 5, và các kết quả của thử nghiệm Charpy được thể hiện trên Fig.2.

Bảng 4

Số		Thép số	Phương pháp sản xuất số	Tỷ lệ tái kết tinh (%)				Tấm thép cán nóng		Tấm thép điện không định hướng			
				Phần DS của tấm thép			Phần WS của tấm thép		DBTT		Tổn hao do sắt		Kết quả đánh giá
				Vị trí cách xa 10mm từ phần cuối	Vị trí 1/4W từ phần cuối	Vị trí cách xa 10mm từ phần cuối	Vị trí 1/4W từ phần cuối	(°C)	Kết quả đánh giá	W/(kg)	(T)		
D1	A1	B1	15	89	18	72	-10	A	2,55	A	1,66	A	
D2	A2	B2	18	82	18	79	-12	A	2,56	A	1,67	A	
D3	A3	B3	20	86	19	82	-11	A	2,57	A	1,67	A	
D4	A4	B4	18	78	29	85	-8	A	2,55	A	1,66	A	
D5	A5	B5	40	76	27	84	-5	A	2,58	A	1,67	A	
D6	A6	B6	30	72	28	80	-12	A	2,59	A	1,65	A	
D7	A7	B7	21	70	26	82	-13	A	2,53	A	1,66	A	
D8	A8	B8	40	78	29	84	-19	A	2,54	A	1,67	A	
D9	A9	B9	30	76	39	86	-3	A	2,55	A	1,66	A	
D10	A10	B10	45	74	37	83	-12	A	2,54	A	1,65	A	
D11	A11	B11	35	79	35	89	-11	A	2,55	A	1,66	A	
D12	A12	B12	30	81	39	83	-1	A	2,58	A	1,66	A	
D13	A13	B10	35	84	41	87	-3	A	2,55	A	1,65	A	
D14	A14	B11	44	84	43	89	-9	A	2,48	A	1,69	A	
D15	A15	B12	23	82	45	72	-10	A	2,48	A	1,69	A	
D16	A1	C1	33	87	38	74	-11	A	2,55	A	1,66	A	
D17	A2	C2	25	74	30	79	-10	A	2,56	A	1,66	A	
D18	A3	C3	29	70	36	81	-2	A	2,55	A	1,66	A	
D19	A4	C4	25	74	32	79	-5	A	2,53	A	1,66	A	
D20	A5	C5	45	72	29	74	-10	A	2,55	A	1,66	A	
D21	A16	C6	40	79	27	87	-10	A	2,58	A	1,66	A	
D22	A17	C7	35	73	29	80	-13	A	2,58	A	1,66	A	
D23	A18	C8	36	76	25	82	-9	A	2,57	A	1,66	A	
D24	A19	C9	49	74	27	91	-19	A	2,55	A	1,69	A	

Ví dụ của sáng chế

Bảng 4

Ví dụ của sáng chế

D25	A20	C10	30	79	25	87	-20	A	2,58	A	1,69	A
D26	A21	C1	40	75	33	84	-11	A	2,58	A	1,66	A
D27	A22	C2	33	78	37	87	-25	A	2,58	A	1,66	A
D28	A23	C3	36	79	38	91	-10	A	2,57	A	1,67	A
D29	A24	C4	41	81	39	79	-12	A	2,56	A	1,66	A
D30	A25	C5	39	80	37	78	-8	A	2,57	A	1,67	A
D31	A9	b9	42	85	44	79	-9	A	2,56	A	1,61	A
D32	A10	b10	45	89	44	78	-1	A	2,57	A	1,62	A
D33	A2	c7	46	82	45	82	-1	A	2,58	A	1,60	A
D34	A5	c10	48	85	48	82	-9	A	2,58	A	1,61	A

Bảng 5

	Số	Thép số	Phương pháp sản xuất số	Tỷ lệ tái kết tinh (%)				Tấm thép cán nóng		Tấm thép điện không định hướng		
				Phần DS của tấm thép		Phần WS của tấm thép		DBTT	Kết quả đánh giá	Tổn hao do sắt	Kết quả đánh giá	Mật độ từ thông
				Vị trí cách xa 10mm từ phần cuối	Vị trí 1/4W từ phần cuối	Vị trí cách xa 10mm từ phần cuối	Vị trí 1/4W từ phần cuối					
Ví dụ so sánh	d1	a1	b1	87	84	87	83	15	B	2,77	B	1,52
	d2	a2	b2	82	87	88	89	12	B	2,78	B	1,54
	d3	a3	b3	88	89	89	83	19	B	2,77	B	1,52
	d4	a4	b4	89	88	81	83	20	B	2,72	B	1,55
	d5	a5	b5	91	89	82	84	25	B	2,76	B	1,54
	d6	a6	b4	92	92	85	85	19	B	2,79	B	1,52
	d7	a7	b5	89	85	89	85	20	B	2,72	B	1,53
	d8	a8	c1	82	84	88	89	18	B	2,71	B	1,54
	d9	a9	c2	85	82	83	82	18	B	2,69	B	1,55
	d10	a10	c3	87	84	84	83	16	B	2,79	B	1,53
	d11	a11	c4	88	85	86	84	18	B	2,76	B	1,56
	d12	a1	b6	80	85	80	84	10	B	2,72	B	1,58
	d13	a2	c5	92	90	92	90	14	B	2,75	B	1,58
	d14	a3	c6	91	90	91	90	15	B	2,72	B	1,56
	d15	a4	B1	75	90	74	90	14	B	2,76	B	1,59
	d16	a5	B2	79	80	80	81	11	B	2,74	B	1,56
	d17	a6	C1	81	83	76	83	16	B	2,79	B	1,53
	d18	a7	C2	82	88	80	85	18	B	2,77	B	1,52
	d19	A3	b3	55	82	53	82	5	B	2,59	A	1,63
	d20	A4	b4	54	83	61	85	3	B	2,58	A	1,62
	d21	A6	b6	52	82	55	84	3	B	2,56	A	1,61
	d22	A12	c2	53	80	52	70	3	B	2,58	A	1,62
	d23	A14	c4	52	80	52	71	3	B	2,57	A	1,61
	d24	A1	c6	52	80	52	71	3	B	2,58	A	1,60

Như được thể hiện trong bảng 4 và bảng 5, đối với các tấm thép chứa, theo % khối lượng, C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, Si: lớn hơn hoặc bằng 1,9% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%, Al: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, và phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất, trong đó tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và, khi chiều rộng tấm được thể hiện bởi W, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm là lớn hơn hoặc bằng 50%, độ dai tấm cán nóng tốt, và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ tốt. Các tấm thép D31 đến D34 có độ dai tấm cán nóng tốt và các đặc tính từ tốt sau quá trình cán nguội và ủ, nhưng một số trong số chúng không được cán nóng như mong muốn. Điều này được cho là vì các điều kiện đối với quá trình cán nóng là không được ưu tiên.

Ngoài ra, như rõ ràng từ Fig.2, trong các ví dụ của sáng chế, phần trăm vết gãy dẻo cao ngay cả ở 0°C; tuy nhiên, trong các ví dụ so sánh, các nhiệt độ tại đó phần trăm vết gãy dẻo bắt đầu tăng cao hơn 0°C. Trong các ví dụ của sáng chế, độ dai tấm cán nóng tốt.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng đáp ứng cả độ dai tấm cán nóng và các đặc tính từ sau quá trình cán nguội và ủ, và do đó sáng chế này rất hữu ích trong công nghiệp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này bao gồm, theo % khối lượng:

C: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%;

Si: lớn hơn hoặc bằng 1,9% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,5%;

Al: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%;

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%;

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,09%;

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%;

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%;

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%; và

phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở mỗi vị trí cách xa 10mm về phía trung tâm chiều rộng tấm từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm nhỏ hơn 50%, và,

khi chiều rộng tấm được thể hiện bởi W, tỷ lệ tái kết tinh của cấu trúc của mặt cắt ngang theo hướng độ dày tấm ở vị trí $1/4W$ từ mỗi trong số cả hai phần cuối theo hướng chiều rộng tấm lớn hơn hoặc bằng 50%.

2. Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 1, còn bao gồm, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm:

Sn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%;

Sb: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%; và

Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

3. Tấm thép cán nóng dùng cho tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, còn bao gồm, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố gồm:

một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ kim loại đất hiếm (rare earth metal, REM): lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%;

Ca: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%; và

Mg: lớn hơn hoặc bằng 0,00050% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,040%.

1/1

FIG. 1

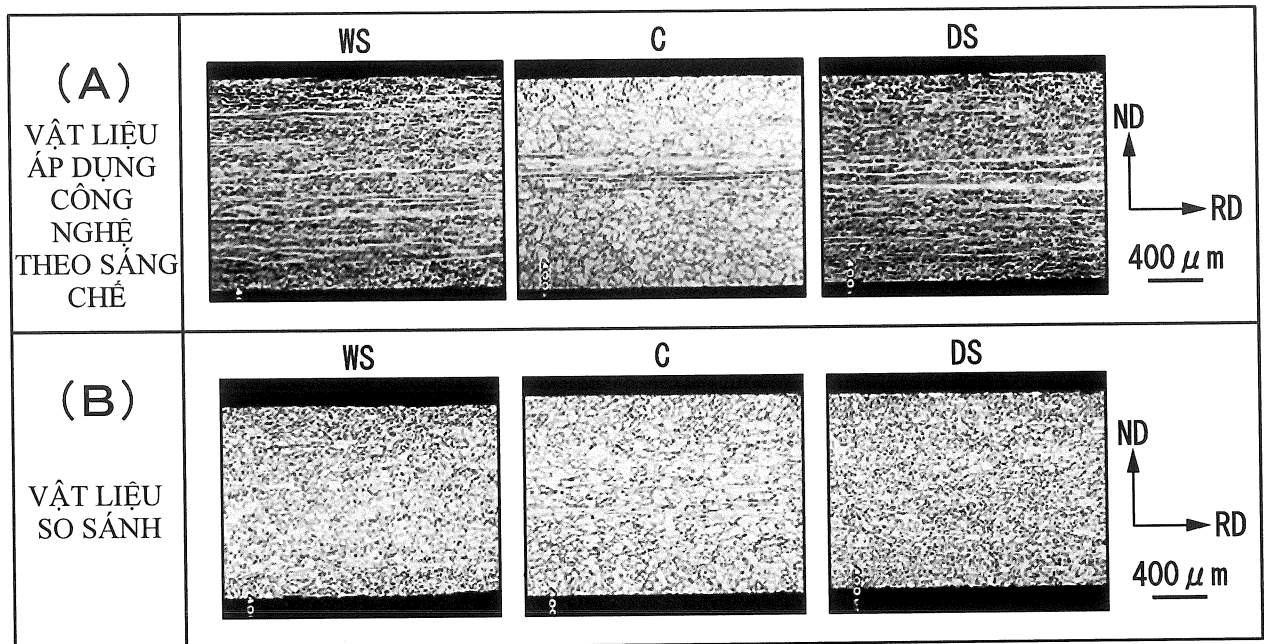


FIG. 2

