



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0043205
(51)^{2021.01} C22C 38/00; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12

(21) 1-2022-03998 (22) 19/02/2021
(86) PCT/JP2021/006334 19/02/2021 (87) WO 2021/167063 A1 26/08/2021
(30) 2020-027497 20/02/2020 JP
(45) 25/02/2025 443 (43) 25/11/2022 416
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) Takeru ICHIE (JP); Yoshihiro ARITA (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

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

(21) 1-2022-03998

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng bao gồm, theo % khối lượng: C: nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0050%; Si: nằm trong khoảng từ 1,90% đến 3,50%; Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 3,00%; Mn: nằm trong khoảng từ 0,05% đến 2,00%; P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%; S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%; N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%; B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%; Sn: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; Sb: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội chủ yếu được sử dụng cho vật liệu lõi sắt của thiết bị điện.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong lĩnh vực thiết bị điện, đặc biệt là các máy điện quay, các máy biến áp kích thước nhỏ và trung bình, các linh kiện điện, hoặc loại tương tự, tại đó tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu lõi sắt, nhu cầu về hiệu suất cao hơn và kích thước nhỏ hơn đang gia tăng dưới ảnh hưởng của các tác động bảo vệ môi trường như tiết kiệm điện năng và năng lượng toàn cầu hoặc giảm sự phát xạ CO₂. Trong môi trường xã hội này, việc cải thiện hiệu suất cũng là một vấn đề cấp thiết đối với các tấm thép điện không định hướng.

Về việc cải thiện các đặc tính của động cơ, các đặc tính cần thiết đối với tấm thép điện không định hướng là tổn hao do sắt và mật độ từ thông. Trước đây, bằng cách kết tinh lại một vùng ở mức cao hơn hoặc bằng 60% trong khi cuộn ở nhiệt độ cao trong quá trình cán nóng, kết cấu của sản phẩm thép được kiểm soát để cải thiện các đặc tính của chúng.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ rằng, bằng cách kết tinh lại và sự phát triển hạt ở giai đoạn tấm cán nóng, các hạt tinh thể và kết cấu bị ảnh hưởng ở giai đoạn sản phẩm sau khi ủ để cải thiện các đặc tính từ.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản, Công bố lần thứ nhất số S63-210237

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Do nhu cầu về tấm thép điện không định hướng (sau đây, còn được gọi đơn giản là “tấm thép kỹ thuật điện”) gia tăng, cần phải giảm chi phí. Là phương pháp làm giảm chi phí sản xuất, phương pháp bỏ qua quá trình ủ sau khi cán nóng bằng cách tăng nhiệt độ cán nóng trong quá trình cán nóng được xem xét. Tuy nhiên, trong tấm thép cán nóng trong đó tỷ lệ tái kết tinh được tăng lên, độ dai giảm xuống. Sự giảm độ dai này khơi mào các vết nứt từ phần cuối của tấm thép gây ra sự đứt gãy trong quá trình tẩy gỉ sau khi cán nóng kèm theo sự uốn cong và không uốn cong được trên một phạm vi liên tục. Đơn giản là khi quá trình ủ sau khi cán nóng được bỏ qua, độ dai giảm xuống làm tăng nguy cơ trong đó tấm thép bị đứt gãy.

Sáng chế được thực hiện trong các tình huống đã được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng trong đó, ngay cả khi quá trình ủ sau khi cán nóng được bỏ qua, sự đứt gãy gây ra bởi sự uốn cong và không uốn cong được trong quá trình tẩy gỉ tiếp theo có thể được ngăn chặn, các đặc tính từ của tấm thép kỹ thuật điện thu được từ tấm thép cán nóng này là vượt trội, và độ dai được cải thiện.

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu kỹ lưỡng về phương pháp bỏ qua quá trình ủ trong quá trình cán nóng đối với tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng và đồng thời thu được tấm cán nóng có độ dai đủ để ngăn chặn sự đứt gãy của phần cuối tấm thép trong quá trình tẩy gỉ và các đặc tính từ trong tấm thép kỹ thuật điện.

Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, bằng cách kiểm soát nhiệt độ ủ nóng đều và thời gian trong quá trình tự ủ của tấm cán nóng bằng cách cuộn ở nhiệt độ cao sau khi cán nóng và tốc độ làm nguội, diện tích vùng có cấu trúc biến dạng tại đó độ cứng ở phần giữa chiều dày (phần $1/2t$) là nhỏ hơn hoặc bằng Hv 220 có thể được tăng lên. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, ngay cả khi tỷ lệ tái kết tinh lớn hơn hoặc bằng 60% và nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 80%, độ dai của tấm thép cán nóng được cải thiện, có thể ngăn ngừa được sự đứt gãy gây ra bởi sự uốn cong và không uốn cong được, và có thể đạt được các đặc tính từ vượt trội của tấm thép điện không định hướng thu được từ tấm thép cán nóng này.

Sáng chế được thực hiện dựa trên các phát hiện nêu trên, và phạm vi của nó là như sau.

(1) Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng bao gồm, theo % khối lượng: C: nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0050%; Si: nằm trong khoảng từ 1,90% đến 3,50%; Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 3,00%; Mn: nằm trong khoảng từ 0,05% đến 2,00%; P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%; S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%; N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%; B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%; Sn: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; Sb: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%; REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220.

(2) Trong tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo mục (1), mức chênh lệch độ cứng $H_s = H_D - H_U$ giữa độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là nhỏ hơn H_v 20.

(3) Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo mục (1) hoặc (2), còn bao gồm, theo % khối lượng, 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%; Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%; REM: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%; Ca: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%; và Mg: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng trong đó có thể thu được tấm cán nóng có độ dai đủ ngay cả khi quá trình ủ trong quá trình cán nóng được bỏ qua và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao có thể đạt được khi tấm thép điện không định hướng thu được từ tấm thép cán nóng

dành cho các tấm thép điện không định hướng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo một khía cạnh của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là vật liệu của tấm thép điện không định hướng, và sau đây sẽ còn được gọi đơn giản là “tấm thép cán nóng”. Bằng cách thực hiện quá trình cán nguội và quá trình ủ cuối cùng trên tấm thép cán nóng, có thể thu được tấm thép điện không định hướng. Các tính chất cơ học và cấu trúc kim tương học của tấm thép điện không định hướng đã trải qua các quá trình mô tả ở trên là hoàn toàn khác biệt với các tính chất cơ học và cấu trúc kim tương học của tấm thép cán nóng. Nói chung, tấm thép điện không định hướng mềm hơn tấm thép cán nóng. Lý do cho điều này là ở chỗ cấu trúc tái kết tinh mềm hơn cấu trúc biến dạng và lượng của cấu trúc tái kết tinh trong tấm thép điện không định hướng tăng lên do quá trình ủ cuối cùng.

Cấu trúc biến dạng của tấm thép cán nóng theo phương án này dùng để chỉ cấu trúc được kéo căng bằng cách cán nóng. Ngoài ra, cấu trúc tái kết tinh của tấm thép cán nóng theo phương án này dùng để chỉ cấu trúc được kéo căng tạm thời bằng cách cán nóng và được kết tinh lại bằng cách tự ủ. Cấu trúc biến dạng và cấu trúc tái kết tinh có thể dễ dàng được phân biệt với nhau bởi người có kỹ năng trong lĩnh vực này. Chẳng hạn, trong phần “Change (Recovery -> Recrystallization -> Grain Growth) trong phần Structure and Properties by Annealing of Cold-Worked Material” trong các Fig.2 và 22, trang 30, “Microstructure control of Iron Steel” (Tadashi Maki, 2015, Uchida Rokakuho Publishing Co., Ltd.), sự khác biệt trực quan giữa cấu trúc biến dạng và cấu trúc tái kết tinh được mô tả sơ lược. Mặc dù tấm thép cán nóng theo phương án này không phải là vật liệu gia công nguội, cấu trúc biến dạng và cấu trúc tái kết tinh trong tấm thép cán nóng theo phương án này có bề ngoài giống như cấu trúc biến dạng và cấu trúc tái kết tinh được mô tả trong tài liệu nêu trên.

Ngoài ra, một mục đích của tấm thép cán nóng theo phương án là thể hiện các đặc tính từ vượt trội ở giai đoạn tấm thép kỹ thuật điện đã trải qua các quá trình mô tả ở trên. Tuy nhiên, không cần thiết phải xem xét các đặc tính từ của tấm thép cán nóng.

Sau đây, trong phần mô tả về tấm thép cán nóng theo phương án này, các đặc tính từ không chỉ dùng để chỉ các đặc tính từ của tấm thép cán nóng mà còn cả các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng thu được bằng cách thực hiện các quá trình mô tả ở trên trên tấm thép cán nóng.

Thành phần hóa học của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng

Trước tiên, lý do giới hạn các thành phần của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Sau đây, “%” liên quan đến các thành phần của tấm thép cán nóng thể hiện “% khối lượng”.

C: nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0050%

C thiên tích ở biên hạt làm tăng độ dai. Do đó, tốt hơn là hàm lượng C lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Mặt khác, C là thành phần có hại làm giảm tổn hao do sắt và gây già hóa từ. Do đó, hàm lượng C nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%. Hàm lượng C tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0015%, lớn hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0025%. Hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0035%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Si: nằm trong khoảng từ 1,90% đến 3,50%

Si là thành phần có tác dụng làm giảm tổn hao do sắt bằng cách tăng điện trở để làm giảm tổn hao do dòng xoáy. Ngoài ra, Si còn có tác dụng cải thiện khả năng gia công khi dập phôi để thu được lõi sắt bằng cách tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Để thể hiện các tác dụng này, hàm lượng Si cần phải 1,90% lớn hơn hoặc bằng. Mặt khác, khi hàm lượng Si tăng lên, mật độ từ thông giảm xuống, và khả năng gia công của quá trình cán nguội hoặc tương tự giảm xuống và chi phí tăng lên trong quá trình sản xuất của tấm thép điện không định hướng. Do đó, hàm lượng Si được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 3,50%. Tốt hơn nữa là hàm lượng Si lớn hơn hoặc bằng 2,00%, lớn hơn hoặc bằng 2,20%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 2,50%. Tốt hơn là hàm lượng Si nhỏ hơn hoặc bằng 3,20%, nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 2,80%.

Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 3,00%

Giống như Si, Al cũng là thành phần có tác dụng làm giảm tổn hao do sắt bằng

cách tăng điện trở để làm giảm tổn hao do dòng xoáy. Tuy nhiên, mức tăng độ cứng bởi Al nhỏ hơn mức tăng độ cứng bởi Si. Do đó, hàm lượng Al cần phải lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Mặt khác, khi hàm lượng Al tăng lên, mật độ từ thông bão hòa giảm xuống, dẫn đến sự giảm mật độ từ thông. Ngoài ra, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền giảm xuống, và độ chính xác dập phôi cũng giảm. Do đó, hàm lượng Al được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%. Tốt hơn là, hàm lượng Al được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 2,50%.

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05% đến 2,00%

Mn có tác dụng làm tăng điện trở để làm giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện kết cấu kết tinh lại sơ cấp để phát triển định hướng tinh thể $\{110\}<001>$ mà được mong muốn để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán. Ngoài ra, Mn có tác dụng làm giảm độ tan của MnS trong phôi tấm. Kết quả là, lượng của MnS được hòa tan trong quá trình gia nhiệt phôi tấm giảm xuống, và lượng của MnS mịn kết tủa lại trong quá trình làm nguội phôi tấm giảm xuống. Nghĩa là, sự kết tủa của các sulfua mịn như MnS có hại cho sự phát triển hạt được ngăn chặn do sự bổ sung Mn.

Để đạt được các mục đích này, Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,05% cần phải được bao gồm. Tuy nhiên, khi hàm lượng Mn tăng lên, sự phát triển hạt trong quá trình ủ giảm xuống, và tổn hao do sắt tăng lên. Do đó, hàm lượng Mn được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%. Tốt hơn là hàm lượng Mn lớn hơn hoặc bằng 0,20%, lớn hơn hoặc bằng 0,40%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,80%. Tốt hơn là hàm lượng Mn nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%, nhỏ hơn hoặc bằng 1,20%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%

P có tác dụng cải thiện độ chính xác dập phôi và có thể được bao gồm trong tấm thép cán nóng. Tuy nhiên, khi hàm lượng P tăng lên, tấm thép bao gồm Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 2% cực kỳ giòn. Do đó, hàm lượng P nhỏ hơn hoặc bằng 0,100% và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,080%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%. Hàm lượng P có thể bằng 0%. Chẳng hạn, để tránh tăng chi phí tinh luyện, hàm lượng P có thể lớn hơn hoặc bằng 0,001%, lớn hơn hoặc bằng 0,002%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,003%.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%

S ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng bằng cách kết tủa các sulfua mịn như MnS. Do đó, hàm lượng S nhỏ hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,004%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,002%. Hàm lượng S có thể bằng 0%. Chẳng hạn, để tránh tăng chi phí tinh luyện, hàm lượng S có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0001%, lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0003%.

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%

N làm giảm độ che phủ của lớp oxy hóa bên trong trên bề mặt tấm cán nóng bằng cách kết tủa các nitrua mịn như AlN mà được tạo ra trong quá trình ủ tấm cán nóng hoặc trong quá trình ủ cuối cùng, và ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng. Do đó, hàm lượng N nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0010%. Hàm lượng N có thể bằng 0%. Chẳng hạn, để tránh tăng chi phí tinh luyện, hàm lượng N có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0001%, lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0003%.

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%

B ức chế sự tái kết tinh và sự phát triển hạt trong quá trình ủ cuối cùng bằng cách kết tủa các nitrua mịn như BN. Do đó, hàm lượng B nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060% và tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%. Hàm lượng B có thể bằng 0%. Chẳng hạn, để tránh tăng chi phí tinh luyện, hàm lượng B có thể lớn hơn hoặc bằng 0,0001%, lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0003%.

Sn: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%

Sb: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%

Sn và Sb không phải là các nguyên tố thiết yếu và có tác dụng cải thiện kết cấu kết tinh lại sơ cấp của tấm thép để phát triển kết cấu {110}<001> mà được mong muốn để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán và ngăn chặn kết cấu {111}<112> hoặc tương tự mà không mong muốn đối với các đặc tính từ. Do đó, Sn và Sb có thể tùy ý được bao gồm trong tấm thép cán nóng. Để thu được các mục đích này, được ưu tiên là một trong

số các nguyên tố Sn và Sb hoặc cả Sn và Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% được bao gồm. Mặt khác, ngay cả khi hàm lượng Sn và hàm lượng Sb tăng lên, tác dụng này bị bão hòa, và độ dai của tấm cán nóng có thể hơi giảm. Do đó, ngay cả khi Sn và Sb được bao gồm, mỗi trong số hàm lượng Sn và hàm lượng Sb được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%. Mỗi trong số giới hạn dưới của hàm lượng Sn và giới hạn dưới của hàm lượng Sb có thể bằng 0,02%, 0,03%, hoặc 0,05%. Mỗi trong số giới hạn trên của hàm lượng Sn và giới hạn trên của hàm lượng Sb có thể bằng 0,45%, 0,40%, hoặc 0,20%.

Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%

Cu không phải là nguyên tố thiết yếu và có tác dụng cải thiện độ bền khi được kết tủa trong thép. Do đó, Cu có thể tùy ý được bao gồm trong tấm thép cán nóng. Để thu được tác dụng này, được ưu tiên là Cu với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% được bao gồm. Mặt khác, khi Cu với lượng lớn hơn 0,50% được bao gồm, các vết nứt và các khuyết tật có thể xảy ra trong quá trình cán. Do đó, hàm lượng Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%. Hàm lượng Cu có thể lớn hơn hoặc bằng 0,02%, lớn hơn hoặc bằng 0,03%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Hàm lượng Cu có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%.

REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%

Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%

Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%

Mặc dù chúng không phải là các nguyên tố thiết yếu, REM, Ca, và Mg là các nguyên tố thúc đẩy sự phát triển hạt và có thể tùy ý được bao gồm trong tấm thép cán nóng. Để thu được tác dụng này, lượng của mỗi trong số một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có REM, Ca, và Mg tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0050% hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,0100%. Mặt khác, khi lượng của mỗi trong số các nguyên tố REM, Ca, và Mg lớn hơn 0,0400%, các đặc tính từ giảm xuống. Do đó, lượng của mỗi trong số REM, Ca, và Mg được đặt để nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Lượng của mỗi trong số các nguyên tố tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0300% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0200% hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,0150%.

Thuật ngữ “REM” dùng để chỉ tổng cộng 17 nguyên tố bao gồm Sc, Y, và các nguyên tố họ lantan, và “hàm lượng REM” dùng để chỉ tổng lượng của 17 nguyên tố này. Khi các nguyên tố họ lantan được sử dụng dưới dạng REM, REM được bổ sung trong công nghiệp ở dạng kim loại đất hiếm.

Phần còn lại trong các thành phần của tấm thép cán nóng theo phương án này khác với các thành phần đã nêu ở trên bao gồm Fe và các nguyên tố tạp chất. Ở đây, các tạp chất dùng để chỉ các nguyên tố, khi thép được sản xuất công nghiệp, được đưa vào từ các nguyên liệu thô như quặng hoặc phế liệu hoặc được đưa vào bởi các yếu tố khác của quy trình sản xuất, và các tạp chất được phép được bao gồm trong thép trong phạm vi không ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính của tấm thép cán nóng theo phương án này.

Nhờ tấm thép cán nóng bao gồm các thành phần đã nêu ở trên, khi tấm thép kỹ thuật điện thu được từ tấm thép cán nóng, có thể thu được tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội.

Độ cứng của cấu trúc biến dạng của tấm cán nóng

Tiếp theo, tấm thép cán nóng theo phương án này khác biệt ở chỗ độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) là nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220. Ở đây, “t” thể hiện chiều dày tấm.

Khi độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) của tấm thép cán nóng là lớn hơn H_v 220, lực dẫn động tái kết tinh của các hạt $\{111\}$ có các đặc tính từ kém xuất hiện trong quá trình ủ sau khi cán lạnh cấu trúc biến dạng tăng lên. Do đó, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng giảm xuống. Khi độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng là nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220, lực dẫn động tái kết tinh của các hạt $\{111\}$ giống như lực dẫn động tái kết tinh của các hạt $\{110\}$ cải thiện các đặc tính từ. Do đó, các đặc tính từ không giảm. Do đó, mong muốn là độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) của tấm thép cán nóng nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220. Mong muốn hơn nữa là, độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) của tấm thép cán nóng nhỏ hơn hoặc bằng H_v 215, nhỏ hơn hoặc bằng H_v 210, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng H_v 200.

Nói chung, cấu trúc biến dạng cứng hơn cấu trúc tái kết tinh. Khi tỷ lệ của cấu trúc biến dạng trong tấm cán nóng cao, độ cứng của tấm cán nóng cao. Khi tấm cán nóng

có độ cứng cao được cán nguội, độ sắp thẳng hàng của $\{211\}<011>$ của tấm thép cán nguội tăng lên. Độ sắp thẳng hàng của định hướng $\{111\}$ xuất hiện từ phần có độ căn chỉnh cao của $\{211\}<011>$ nhờ quá trình ủ được cải thiện. Do đó, các đặc tính từ giảm xuống. Theo lĩnh vực kỹ thuật có liên quan, để ngăn chặn sự giảm các đặc tính từ, tấm cán nóng được ủ sao cho diện tích của cấu trúc biến dạng của tấm cán nóng càng nhỏ càng tốt, vùng tái kết tinh của tấm cán nóng tăng đến lớn hơn hoặc bằng khoảng 80%, và sau đó tấm thép được cán nguội và ủ. Tuy nhiên, cấu trúc tái kết tinh mềm hơn cấu trúc biến dạng, nhưng lượng lệch mạng ảnh hưởng đến độ dai nhỏ. Do đó, khi vùng tái kết tinh tăng đến lớn hơn hoặc bằng khoảng 80%, độ dai của tấm thép cán nóng giảm xuống, và khả năng đứt gãy của tấm thép gây ra bởi sự uốn cong và không uốn cong được ở quá trình tẩy gỉ và quá trình cán nguội tiếp theo tăng lên. Do đó, để cải thiện độ dai của tấm thép cán nóng và để cải thiện các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng thu được từ tấm thép cán nóng, bằng cách ngăn chặn sự tái kết tinh của tấm thép cán nóng càng nhiều càng tốt (chẳng hạn, bằng cách đặt tỷ lệ tái kết tinh của tấm thép cán nóng đến lớn hơn hoặc bằng khoảng 60% và nhỏ hơn hoặc bằng khoảng 80%), cấu trúc biến dạng còn lại trong tấm thép cán nóng, và độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) mong muốn là nhỏ hơn hoặc bằng $H_v 220$. Nghĩa là, trong tấm thép cán nóng theo phương án này, bằng cách làm mềm cấu trúc biến dạng trong lúc duy trì lượng của cấu trúc biến dạng ở giá trị lớn hơn hoặc bằng giá trị đã được xác định trước, độ cứng của tấm thép cán nóng được giảm xuống.

Độ cứng Vickers được đo trong mặt cắt ngang song song với hướng cán và vuông góc với bề mặt tấm ở vị trí (sau đây, được gọi là “phần cuối theo hướng chiều rộng tấm”) ở khoảng cách 10mm từ bề mặt cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng đến phần giữa theo hướng chiều rộng tấm. Trong mặt cắt ngang này, độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) được đo ở 10 vị trí ở các khoảng cách 10 μ m theo hướng song song với hướng cán. Độ cứng Vickers được đo theo JIS Z 2244 (2009). Các điều kiện đo cụ thể là như sau.

Mũi nung = mũi nung hình kim tự tháp kim cương dựa trên hình vuông Vickers với góc đối bằng 136°

Tải cắt lõm = 10gf

Thời gian cắt lõm = 20 giây

Ngoài ra, ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng, mức chênh lệch độ cứng $H_s = H_D - H_U$ giữa độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) được đặt để nhỏ hơn H_v 20 sao cho các đặc tính từ có thể được cải thiện hơn nữa. Lý do cho điều này là như sau. Vì H_v của tấm cán nóng tăng lên, quá trình tái kết tinh có thể được làm cho dễ dàng xảy ra trong quá trình ủ sau quá trình cán nguội. Mặt khác, bằng cách làm giảm mức chênh lệch độ cứng giữa phần giữa và vị trí lớp bề mặt của tấm cán nóng, cấu trúc tái kết tinh, xuất hiện ở vị trí lớp bề mặt của tấm thép sau quá trình cán nguội và ủ và có lợi đối với các đặc tính từ, không có khả năng bị ảnh hưởng bởi cấu trúc tái kết tinh, xuất hiện trong phần giữa của tấm thép và bất lợi đối với các đặc tính từ. Độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp giống như phương pháp đo độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$).

Trong tấm thép cán nóng, thông thường, lớp bề mặt cứng hơn phần giữa. Trong tấm thép cán nóng, lượng của cấu trúc tái kết tinh trong lớp bề mặt lớn hơn lượng của cấu trúc tái kết tinh trong phần giữa. Khi xem xét các trường hợp đã nêu ở trên, trong tấm thép cán nóng theo phương án này, độ cứng của phần giữa mà được cho là cứng nhất được kiểm soát ở giá trị nhỏ hơn hoặc bằng giá trị đã được xác định trước. Mặt khác, trong tấm thép điện không định hướng thu được bằng cách thực hiện quá trình cán nguội và quá trình ủ cuối cùng trên tấm thép cán nóng, thông thường, mức chênh lệch độ cứng giữa lớp bề mặt và phần giữa nhỏ hoặc gần như không chênh lệch.

Phương pháp sản xuất

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án này sẽ được mô tả. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án này bao gồm:

quy trình thu nhận phôi tấm bằng cách đúc liên tục thép nóng chảy bao gồm các thành phần đã nêu ở trên;

quy trình gia nhiệt phôi tấm đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1080°C đến 1200°C;

quy trình thu nhận tấm cán nóng bằng cách cán nóng phôi tấm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1080°C đến 1200°C, trong đó nhiệt độ hoàn thiện nằm trong khoảng từ 850°C đến 1000°C;

quy trình cuộn tấm cán nóng, trong đó nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C;

quy trình tạo ra sự tự ủ trong tấm cán nóng trong đó nhiệt độ bảo toàn nhiệt cao hơn hoặc bằng 670°C và thời gian giữ là dài hơn hoặc bằng 1 phút và ngắn hơn hoặc bằng 2 giờ; và

quy trình làm nguội tấm cán nóng tại đó tự ủ xảy ra, trong đó CR1, tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ khi cuộn sau khi cán nóng đến 400°C, và/hoặc CR2, là tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ từ 600°C đến 400°C sau khi tự ủ, nằm trong khoảng từ 30 đến 120°C/giờ.

Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án này được sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp bao gồm: đúc liên tục thép nóng chảy bao gồm các thành phần đã nêu ở trên để thu được phôi tấm; cán nóng phôi tấm để thu được tấm cán nóng; và làm cho sự tự ủ xảy ra bằng cách sử dụng nhiệt của cuộn đã được cuộn sau khi cán nóng. Phương pháp sản xuất phôi tấm có thể là phương pháp thông thường.

Cán nóng

Tiếp theo, phôi tấm được gia nhiệt đến tốt hơn là từ 1080°C đến 1200°C và được cán nóng. Lý do để đặt nhiệt độ gia nhiệt cao hơn hoặc bằng 1080°C là ở chỗ, bằng cách đặt nhiệt độ hoàn thiện đến cao hơn hoặc bằng 850°C, quá trình ủ được thực hiện bằng cách gia nhiệt lại sau khi quá trình cuộn được bỏ qua như được mô tả dưới đây. Lý do mà nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 1200°C là để ngăn chặn sự hòa tan rắn và sự kết tủa mịn của các tạp chất như các sulfua để ngăn chặn sự tăng tổn hao do sắt.

Nhiệt độ hoàn thiện trong quá trình cán nóng được đặt để tốt hơn là nằm trong

khoảng từ 850°C đến 1000°C. Lý do cho điều này là như sau. Như được mô tả dưới đây, khi nhiệt độ cuộn được đặt để nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C nên sự tự ủ được thực hiện bằng cách sử dụng nhiệt của cuộn, tỷ lệ tái kết tinh tăng lên, và quá trình ủ được thực hiện bằng cách gia nhiệt lại được bỏ qua. Ngoài ra, khi nhiệt độ hoàn thiện thấp, khả năng gia công nóng có thể giảm xuống và độ đồng đều của chiều dày tấm theo hướng chiều rộng tấm, nghĩa là, độ chính xác chiều dày tấm có thể giảm xuống. Mặt khác, để ngăn không cho độ dai bị giảm gây ra bởi sự tăng kích thước hạt ferit, nhiệt độ hoàn thiện được đặt để tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 1000°C.

Cuộn và tự ủ

Tiếp theo, tấm thép cán nóng được cuộn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C sau khi kết thúc cán tinh. Bằng cách cuộn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C, quá trình tự ủ có thể được thực hiện bằng cách sử dụng nhiệt được tích trữ trong cuộn đã được cuộn. Theo quá trình tự ủ này, tỷ lệ tái kết tinh trong tấm thép cán nóng tăng lên, và, ngay cả khi quá trình ủ được thực hiện bằng cách gia nhiệt lại được bỏ qua, có thể ngăn chặn được sự phát triển của các hạt tinh thể của định hướng {111} có tác dụng bất lợi lên các đặc tính từ. Để cải thiện các đặc tính từ, cụ thể là, mật độ từ thông, được ưu tiên là vùng tái kết tinh trong cấu trúc của tấm thép cán nóng trước khi cán nguội tăng lên. Khi nhiệt độ ủ cao, tỷ lệ tái kết tinh tăng đến lớn hơn 60%, cấu trúc biến dạng giảm xuống, và không thể thu được tác dụng cải thiện độ dai. Do đó, tốt hơn là nhiệt độ cuộn được đặt để thấp hơn hoặc bằng 850°C.

Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt

Để tăng kích thước hạt của tấm thép cán nóng trước quá trình cán nguội, cuộn đã được cuộn được che phủ bằng áo bọc bảo toàn nhiệt để bảo toàn nhiệt. Từ quan điểm giảm độ cứng của cấu trúc biến dạng của tấm cán nóng, nhiệt độ bảo toàn nhiệt được đặt để cao hơn hoặc bằng 670°C, và thời gian giữ được đặt để dài hơn hoặc bằng 1 phút. Mặt khác, khi tỷ lệ tái kết tinh quá cao, sự đứt gãy có khả năng xảy ra trong quá trình tẩy gỉ và quá trình cán nguội. Do đó, tốt hơn là thời gian giữ được đặt để ngắn hơn hoặc bằng 2 giờ. Thời gian giữ dùng để chỉ khoảng thời gian trong đó cuộn được che phủ bằng áo bọc bảo toàn nhiệt.

Quá trình bảo toàn nhiệt có thể được thực hiện mà không cần sử dụng áo bọc

bảo toàn nhiệt. Trong trường hợp này, quá trình bảo toàn nhiệt dùng để chỉ khoảng thời gian từ thời điểm khi tấm thép cán nóng được cuộn để tạo ra cuộn đến thời điểm khi nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm. Thời điểm khi cuộn được tạo ra dùng để chỉ thời điểm khi một vòng của cuộn được cuộn hoàn toàn từ một dải tấm thép cán nóng. Ngoài ra, thời điểm khi nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm là thời điểm khi tốc độ làm nguội của cuộn thay đổi, nói cách khác, có điểm uốn trên đường cong tốc độ làm nguội. Phụ thuộc vào nhiệt độ bảo toàn nhiệt, trong thời gian đã được xác định trước từ thời điểm khi cuộn được cuộn hoàn toàn, sự thay đổi nhiệt độ của cuộn có thể cực kỳ nhỏ. Sau thời gian đã được xác định trước trôi qua, nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm nhanh.

Làm nguội

Theo phương án này, để làm giảm độ cứng của cấu trúc biến dạng, quan trọng là kiểm soát tốc độ làm nguội. Đặc biệt, được ưu tiên là CR1, là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ khi cuộn sau khi cán nóng đến 400°C, và/hoặc CR2, là tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ từ 600°C đến 400°C sau khi giữ trong quá trình bảo toàn nhiệt, nằm trong khoảng từ 30 đến 120°C/giờ.

Ở đây, “CR1, là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ khi cuộn sau khi cán nóng đến 400°C” dùng để chỉ giá trị trung bình của tốc độ làm nguội trong khoảng thời gian từ khi cuộn đến khi bắt đầu quá trình bảo toàn nhiệt và khoảng thời gian từ khi kết thúc quá trình bảo toàn nhiệt đến thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bằng 400°C. Nói cách khác, “CR1, là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ khi cuộn sau khi cán nóng đến 400°C” là giá trị được tính từ biểu thức sau đây.

$$CR1 = (\text{Nhiệt độ cuộn} - 400^{\circ}\text{C}) / (\text{Thời gian từ nhiệt độ cuộn đến } 400^{\circ}\text{C} - \text{Thời điểm mà cuộn được che phủ bằng áo bọc bảo toàn nhiệt})$$

Ngoài ra, “CR2, là tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ từ 600°C đến 400°C sau khi giữ trong quá trình bảo toàn nhiệt” dùng để chỉ giá trị trung bình của tốc độ làm nguội trong khoảng thời gian từ thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bằng 600°C đến thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bằng 400°C. Nói cách khác, “CR2, là tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ từ 600°C đến 400°C sau khi giữ trong quá trình bảo toàn nhiệt” dùng để chỉ giá trị được tính từ biểu thức sau đây.

$$CR2 = (600^{\circ}\text{C} - 400^{\circ}\text{C}) / (\text{Thời gian từ } 600^{\circ}\text{C đến } 400^{\circ}\text{C})$$

Được ưu tiên là quá trình làm nguội sau khi giữ trong quá trình bảo toàn nhiệt bắt đầu ngay sau khi loại bỏ áo bọc đã nêu ở trên. Theo cách khác, được ưu tiên là quá trình làm nguội bắt đầu trước thời điểm khi nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm.

Tốc độ làm nguội trung bình được áp dụng cho quá trình sản xuất tấm thép cán nóng theo phương án này chậm hơn nhiều tốc độ làm nguội thông thường. Thông thường, cuộn đã được cuộn được làm nguội bằng nước, và tốc độ làm nguội trung bình của nó nhanh hơn $120^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ nhiều. Cho rằng, khi cuộn được làm nguội bằng nước, tốc độ làm nguội trung bình bằng ít nhất $150^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$. Lý do vì sao cuộn được làm nguội bằng nước là ở chỗ khoảng thời gian cần thiết để sản xuất tấm thép điện không định hướng được giảm xuống. Để cán nguội tấm thép cán nóng, nhiệt độ của tấm thép cán nóng cần phải bằng nhiệt độ trong phòng. Trừ khi tấm thép cán nóng được làm nguội nhanh bằng cách sử dụng bộ phận làm nguội như làm nguội bằng nước, thời gian chờ cần thiết để bắt đầu quá trình cán nguội tăng lên, và thời gian cần thiết để sản xuất tấm thép điện không định hướng tăng lên. Trừ khi có lý do cụ thể, thông thường, được ưu tiên là cuộn được làm nguội bằng nước. Ngoài ra, trong tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng, kiến thức về việc nên làm giảm độ cứng của cấu trúc biến dạng không có trong lĩnh vực kỹ thuật có liên quan.

Tuy nhiên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, để làm giảm độ cứng của cấu trúc biến dạng của tấm thép cán nóng, cuộn sau quá trình bảo toàn nhiệt cần phải được làm nguội chậm. Khi tốc độ làm nguội trung bình CR1 hoặc CR2 quá nhanh, độ cứng của cấu trúc biến dạng không thể được giảm đủ. Ngoài ra, khi tốc độ làm nguội trung bình quá chậm, thời gian của quá trình tự ủ tăng lên, cấu trúc biến dạng mất đi, và độ dai giảm. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình CR1 và/hoặc CR2 nhanh hơn hoặc bằng $30^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và chậm hơn hoặc bằng $120^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$.

Quá trình làm nguội sau khi bảo toàn nhiệt được thực hiện ở trạng thái tại đó tấm thép được cuộn để tạo ra cuộn. Tốc độ làm nguội đã mô tả ở trên là tốc độ ở phần chu vi bên ngoài của cuộn. Ngoài ra, như đã mô tả ở trên, phần tại đó các vết nứt bắt đầu gây ra sự đứt gãy trong tấm thép là phần cuối của tấm thép. Tốc độ làm nguội đã mô tả ở trên là tốc độ ở phần cuối của tấm thép (nghĩa là, cả các phần cuối của cuộn theo hướng lõi của cuộn).

Ngoài ra, trong số CR1 và CR2 đã mô tả ở trên, tốc độ làm nguội trung bình CR1 từ nhiệt độ cuộn đến 400°C có thể được kiểm soát để được ưu tiên hơn. Bằng cách kiểm soát CR1 đến nằm trong khoảng từ 50 đến $80^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, trong phần cuối của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng, mức chênh lệch độ cứng $H_s = H_D - H_U$ giữa độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) có thể được điều chỉnh để nhỏ hơn hoặc bằng $H_v 20$. Kết quả là, độ dai của tấm thép cán nóng có thể được cải thiện hơn nữa.

Sn, Sb

Khi Sn và Sb được bổ sung vào tấm thép, các nguyên tố này góp phần vào tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao. Do đó, nhiệt độ bảo toàn nhiệt có thể được giảm xuống, và do đó độ dai có thể được cải thiện. Ở thời điểm này, bằng cách đặt nhiệt độ của quá trình bảo toàn nhiệt đến thấp hơn hoặc bằng 850°C , tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 800°C , và tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng 750°C , có thể đạt được độ dai thích hợp, tổn hao do sắt thấp, và mật độ từ thông cao ở mức cao.

Cơ chế trong đó việc bổ sung Sn và Sb góp phần vào tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao được cho là các nguyên tố này ngăn chặn sự phát triển của các hạt định hướng $\{111\}$ có tác dụng bất lợi lên các đặc tính từ.

Nhờ việc thực hiện quá trình tẩy gỉ, quá trình cán nguội, và quá trình ủ cuối cùng bằng cách sử dụng phương pháp thông thường trên tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án thu được như đã mô tả ở trên, có thể thu được tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội. Ở thời điểm này, như đã mô tả ở trên, tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo phương án này có độ dai vượt trội. Ngay cả khi quá trình tẩy gỉ được thực hiện bằng cách sử dụng phương pháp thông thường, sự nứt gãy gây ra bởi sự uốn cong và không uốn cong không xảy ra.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả. Tuy nhiên, các điều kiện của các ví dụ chỉ là ví dụ để xác nhận khả năng hoạt động và các tác dụng của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ điều kiện này. Sáng chế có thể sử dụng các điều kiện khác mà không đi trệch khỏi phạm vi của sáng chế miễn là mục đích của sáng chế

có thể đạt được trong các điều kiện này.

Ví dụ 1

Thép bao gồm các thành phần được thể hiện trong bảng 1 được đúc và cán nóng để tạo ra tấm cán nóng có chiều dày tấm 2,0mm. Tiếp theo, trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 2, nó được cuộn, bảo toàn nhiệt, và làm nguội. Quá trình sản xuất số B0 là ví dụ tham khảo trong đó quá trình ủ tấm cán nóng được thực hiện trong môi trường khí nitơ 100% sau quá trình cuộn và quá trình làm nguội. Bảng 3 thể hiện các kết quả đo của nhiệt độ chuyển tiếp xuất hiện sự đứt gãy trong thử nghiệm Charpy được thực hiện để đánh giá độ cứng và độ dai của cấu trúc biến dạng trong phần cuối của tấm cán nóng đã được tạo ra.

Để thu được độ cứng của phần cuối tấm thép, trong mặt cắt ngang song song với hướng cán ở vị trí (phần cuối theo hướng chiều rộng tấm) ở khoảng cách 10mm từ bề mặt cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép đến phần giữa theo hướng chiều rộng tấm, độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí $1/2t$) và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí $1/8t$) được đo ở 10 vị trí ở các khoảng cách 10 μ m theo hướng song song với hướng cán. Độ cứng Vickers được đo dưới dạng “HV 10” theo JIS Z 2244 (2009). Các điều kiện đo cụ thể là như sau: Mũi nung: mũi nung hình kim tự tháp kim cương dựa trên hình vuông Vickers với góc đối bằng 136°; tải cắt lõm = 10gf; và thời gian cắt lõm = 20 giây.

Nhiệt độ chuyển tiếp xuất hiện sự đứt gãy được đo bằng cách thực hiện thử nghiệm Charpy theo JIS Z 2242. Trong các ví dụ, khi nhiệt độ chuyển tiếp xuất hiện sự đứt gãy thấp hơn 0°C, độ dai được xác định là vượt trội.

Ngoài ra, các đặc tính từ của tấm thép điện không định hướng thu được được đo theo JIS C 2556.

Tổn hao do sắt được đánh giá bằng cách thu thập mẫu có kích thước 55mm² từ tấm thép điện không định hướng và đo W15/50 (tổn hao do sắt khi tấm thép được từ hóa ở 50Hz ở mật độ từ thông 1,5T) bằng cách sử dụng thiết bị thử nghiệm tấm đơn (single sheet tester, SST). Mật độ từ thông được đánh giá bằng cách sử dụng B50 làm mật độ từ thông ở lực từ hóa 5000A/m. Bảng 3 cũng thể hiện các kết quả đo. Mẫu tại đó B50 lớn hơn hoặc bằng 1,60 và W15/50 nhỏ hơn hoặc bằng 2,6W/kg được xác định là “Đạt”

liên quan đến các đặc tính điện từ.

Bảng 1

Thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng)													
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Sn	Sb	Cu	REM	Ca	Mg
A1	0,0011	3,00	0,31	0,011	0,004	0,31	0,0023	0,0045	-	-	-	-	-	-
A2	0,0048	2,64	0,23	0,013	0,003	0,82	0,0022	0,0024	-	-	-	-	-	-
A3	0,0015	1,90	0,19	0,016	0,003	1,76	0,0024	0,0034	-	-	-	-	-	-
A4	0,0016	3,29	0,06	0,018	0,004	0,12	0,0023	0,0051	-	-	-	-	-	-
A5	0,0024	3,12	0,05	0,022	0,002	0,34	0,0018	0,0044	-	-	-	-	-	-
A6	0,0034	2,16	1,99	0,019	0,004	0,25	0,0016	0,0028	-	-	-	-	-	-
A7	0,0034	2,23	1,56	0,095	0,002	0,45	0,0026	0,0031	-	-	-	-	-	-
A8	0,0025	2,72	0,98	0,045	0,005	0,22	0,0018	0,0023	-	-	-	-	-	-
A9	0,0043	3,09	0,45	0,056	0,004	0,11	0,0022	0,0031	-	-	-	-	-	-
A10	0,0026	1,91	0,06	0,028	0,002	2,95	0,0023	0,0032	-	-	-	-	-	-
A11	0,0037	3,02	0,23	0,033	0,004	0,34	0,0039	0,0025	-	-	-	-	-	-
A12	0,0023	1,98	0,67	0,023	0,004	1,34	0,0022	0,0058	-	-	-	-	-	-
A13	0,0019	2,95	0,20	0,019	0,001	0,45	0,0021	0,0035	-	-	-	-	-	-
A14	0,0022	2,21	0,24	0,028	0,002	1,34	0,0023	0,0028	-	-	-	-	-	-
A15	0,0023	2,31	0,23	0,012	0,004	1,22	0,0024	0,0034	0,02	-	-	-	-	-
A16	0,0022	2,03	0,27	0,015	0,008	1,55	0,0017	0,0031	-	0,01	-	-	-	-
A17	0,0025	2,01	0,29	0,023	0,003	1,56	0,0019	0,0029	-	-	0,02	-	-	-
A18	0,0026	2,16	0,33	0,021	0,008	1,34	0,0026	0,0045	0,01	-	0,03	-	-	-
A19	0,0021	2,10	0,61	0,026	0,005	1,23	0,0022	0,0037	-	-	-	0,0009	-	-
A20	0,0014	2,15	1,01	0,018	0,006	0,91	0,0031	0,0029	-	-	-	-	0,0011	-
A21	0,0031	2,01	0,81	0,019	0,004	1,21	0,0024	0,0022	-	-	-	-	-	0,0024
a1	0,0002	2,51	0,23	0,047	0,003	0,98	0,0023	0,0034	0,09	-	-	-	-	-
a2	0,0087	2,52	0,67	0,048	0,002	0,67	0,0025	0,0038	-	0,17	-	-	-	-
a3	0,0034	1,24	0,45	0,019	0,002	2,41	0,0033	0,0024	-	-	0,07	-	-	-
a4	0,0022	4,20	0,07	0,018	0,003	0,12	0,0022	0,0028	0,07	0,07	0,07	-	-	-
a5	0,0028	2,63	0,01	0,026	0,002	0,97	0,0026	0,0026	-	-	-	0,0100	-	-
a6	0,0036	1,93	3,45	0,022	0,003	0,12	0,0031	0,0035	-	-	-	-	0,0400	-
a7	0,0021	2,19	0,12	0,232	0,002	1,45	0,0026	0,0031	-	-	-	-	-	0,0300
a8	0,0028	2,25	0,34	0,098	0,011	1,23	0,0028	0,0045	-	-	-	-	-	-
a9	0,0033	2,99	0,78	0,034	0,004	0,02	0,0021	0,0042	-	-	-	-	-	-
a10	0,0025	1,92	0,13	0,033	0,005	3,22	0,0031	0,0043	-	-	-	-	-	-
a11	0,0038	2,07	0,67	0,016	0,002	1,23	0,0053	0,0049	-	-	-	-	-	-
a12	0,0039	2,20	0,26	0,038	0,003	1,34	0,0011	0,0089	-	-	-	-	-	-

Bảng 2

Ký hiệu phương pháp sản xuất	Quá trình cán nóng			Tốc độ làm nguội trung bình CR1 từ nhiệt độ cuộn đến 400°C	Quá trình ủ tâm cán nóng	Quá trình bảo toàn nhiệt		Tốc độ làm nguội trung bình CR2 sau quá trình bảo toàn nhiệt từ 600°C đến 400°C
	Nhiệt độ gia nhiệt phổi tấm	Nhiệt độ hoàn thiện	Nhiệt độ cuộn		Nhiệt độ ủ	Nhiệt độ bảo toàn nhiệt	Thời gian của quá trình bảo toàn nhiệt	
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C/giờ)	(°C)	(°C)	(phút)	(°C/giờ)
B0	1160	860	668	340	880	-	-	-
B1	1082	934	810	72	-	750	15	45
B2	1190	923	820	69	-	740	18	63
B3	1138	853	720	87	-	680	19	34
B4	1179	998	738	84	-	740	67	67
B5	1123	913	740	83	-	740	1	82
B6	1123	897	729	92	-	710	117	81
B7	1090	880	723	103	-	720	78	34
B8	1120	915	740	105	-	730	72	118
B9	1134	950	840	57	-	780	50	93
B10	1123	940	820	51	-	780	74	81
b1	980	923	774	89	-	720	45	102
b2	1340	890	780	83	-	740	65	56
b3	1134	789	710	102	-	650	39	78
b4	1189	1090	736	98	-	720	57	74
b5	1164	910	811	91	-	740	0,4	102
b6	1138	923	802	97	-	755	140	98
b7	1142	915	788	130	-	770	82	130
b8	1142	915	788	20	-	770	82	20

Bảng 3

	Ký hiệu	Thép số	Ký hiệu phương pháp sản xuất	Độ cứng Hb ở vị trí 1/2* của cấu trúc biến dạng (Hv)	Tỷ lệ tái kết tinh (%)	Nhiệt độ chuyển hóa trong thử nghiệm Charpy về độ dai của tấm thép cán nóng (°C)	Mật độ từ thông B50 (T)	Tổn hao do sắt W15/50 (W/kg)
Ví dụ tham khảo	C0	A6	B0	250	85	12	1,62	2,71
Ví dụ của sáng chế	C1	A1	B1	203	75	-3	1,66	2,52
	C2	A2	B2	204	72	-6	1,66	2,53
	C3	A3	B3	201	80	-4	1,67	2,52
	C4	A4	B4	205	72	-5	1,68	2,54
	C5	A5	B5	203	60	-6	1,68	2,51
	C6	A6	B6	199	60	-1	1,67	2,57
	C7	A7	B7	197	69	-9	1,65	2,51
	C8	A8	B8	208	71	-8	1,68	2,49
	C9	A9	B9	203	74	-9	1,67	2,53
	C10	A10	B10	205	73	-9	1,66	2,53
	C11	A11	B1	207	65	-6	1,66	2,54
	C12	A12	B2	200	66	-8	1,66	2,57
	C13	A13	B6	180	69	-7	1,68	2,48
	C14	A14	B7	195	71	-8	1,68	2,48
Ví dụ so sánh	c1	a1	b1	230	82	12	1,61	2,66
	c2	a2	b2	234	89	12	1,61	2,65
	c3	a3	b3	235	91	11	1,62	2,61
	c4	a4	b4	238	82	9	1,62	2,63
	c5	a5	b5	236	84	8	1,59	2,62
	c6	a6	b6	238	90	9	1,58	2,61
	c7	a9	b1	231	82	10	1,58	2,69
	c8	a10	b2	235	85	8	1,58	2,71
	c9	a11	b3	235	84	12	1,62	2,69
	c10	a12	b4	238	86	11	1,61	2,63
	c11	A2	b1	229	82	6	1,62	2,62
	c12	A4	b2	234	81	8	1,62	2,63
	c13	A6	b3	238	81	9	1,61	2,65
	c14	a1	B1	205	75	8	1,64	2,59
	c15	a2	B2	206	72	-10	1,62	2,71
	c16	A1	b7	230	58	-1	1,62	2,71
	c17	A2	b8	230	90	10	1,63	2,72

Đã xác minh được rằng, bằng cách sử dụng tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo sáng chế, sự đứt gãy không xảy ra trong tấm thép trong quá trình tẩy gỉ và tấm thép điện không định hướng có các đặc tính vượt trội có thể thu

được như trong tấm thép điện không định hướng được tạo ra từ tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng trên đó quá trình ủ tấm cán nóng trong lĩnh vực có liên quan được thực hiện.

Ví dụ 2

Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng được tạo ra theo cùng một cách như đã mô tả ở trên bằng cách sử dụng thép được thể hiện trong bảng 1 và phương pháp sản xuất được thể hiện trong bảng 2. Bằng cách sử dụng tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng này, thu được tấm thép điện không định hướng.

Về tấm thép cán nóng thu được, ngoài ra các kết quả đo của ví dụ 1, ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng, mức chênh lệch độ cứng $H_s = H_D - H_U$ giữa độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí 1/2t) và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí 1/8t) được đo. Trong tấm thép điện không định hướng, các đặc tính từ được đo bằng cách sử dụng phương pháp giống như phương pháp của Ví dụ 1. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4

Ký hiệu	Thép số	Ký hiệu phương pháp sản xuất	Vị trí 1/2t	Vị trí 1/8t	Mức chênh lệch độ cứng	Độ dai của tấm thép cán nóng	Mật độ từ thông	Tồn hao do sắt
			Độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng	Độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh	$H_s = H_D - H_U$	Nhiệt độ chuyển hóa trong thử nghiệm Charpy	B50	W15/50
			(Hv)	(Hv)	(Hv)	(°C)	(T)	(W/kg)
D1	A1	B5	203	234	31	-3	1,66	2,52
D2	A2	B6	204	232	28	-6	1,66	2,53
D3	A13	B9	180	196	16	-10	1,68	2,48
D4	A14	B10	195	205	10	-12	1,68	2,48

Đã xác minh được rằng, bằng cách điều chỉnh mức chênh lệch độ cứng H_s giữa độ cứng H_D của cấu trúc biến dạng của phần giữa chiều dày (vị trí 1/2t) và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí 1/8t) để nhỏ hơn HV 20, có thể thu được độ dai cao hơn.

Ví dụ 3

Trong ví dụ C1 và ví dụ so sánh c16 được thể hiện trong bảng 3, mức giảm cán ở điều kiện cán nguội được đặt là 75%, các điều kiện ủ nóng đều là các điều kiện ủ cuối cùng được đặt là $1000^{\circ}\text{C} \times 30$ giây, và quá trình cán nguội và quá trình ủ cuối cùng được thực hiện để thu được tấm thép điện không định hướng. Về mỗi trong số các tấm thép điện không định hướng, độ cứng của phần giữa chiều dày (vị trí 1/2t) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm được đo.

Độ cứng của phần cuối của tấm thép điện không định hướng được đo theo quy trình sau đây. Mặt cắt ngang song song với hướng cán ở vị trí (phần cuối theo hướng chiều rộng tấm) ở khoảng cách 10mm từ bề mặt cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép đến phần giữa theo hướng chiều rộng tấm được đặt làm bề mặt đo. Trong bề mặt đo này, độ cứng của phần giữa chiều dày (vị trí 1/2t) được đo ở 10 vị trí ở các khoảng cách 10 μm theo hướng song song với hướng cán. Độ cứng Vickers được đo là “HV 10” theo JIS Z 2244 (2009). Các điều kiện đo cụ thể là như sau: Mũi nung: mũi nung hình kim tự tháp kim cương dựa trên hình vuông Vickers với góc đối bằng 136° ; tải cắt lõm = 10gf; và thời gian cắt lõm = 20 giây. Các kết quả đo được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5

Ký hiệu	Thép số	Phương pháp sản xuất ký hiệu	Độ cứng HD ở vị trí 1/2t của cấu trúc biến dạng (Tấm thép cán nóng) (HV)	Độ cứng ở giai đoạn tấm thép điện không định hướng (HV)
C1	A1	B1	203	241
c16	A1	b7	230	238

Ở C1 và c16, các thành phần hóa học là giống nhau, và các giá trị độ cứng ở giai đoạn tấm thép điện không định hướng gần như ở cùng một mức. Tuy nhiên, các giá trị độ cứng của cấu trúc biến dạng ở giai đoạn tấm thép cán nóng khác biệt rất lớn đối với nhau. Nói cách khác, khó đánh giá độ cứng ở giai đoạn tấm thép cán nóng từ độ cứng được đo ở giai đoạn tấm thép điện không định hướng.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng trong đó tấm cán nóng có độ dai đủ có thể thu được ngay cả khi quá

trình ủ trong quá trình cán nóng được bỏ qua và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao có thể đạt được khi tấm thép điện không định hướng thu được từ tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng. Kết quả là, tấm thép điện không định hướng có tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao có thể được tạo ra một cách ổn định và được tạo ra mà không có sự đứt gãy. Do đó, có thể đáp ứng đủ nhu cầu cấp thiết về sản xuất hàng loạt trong lĩnh vực thiết bị điện tại đó tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu lõi sắt, và giá trị công nghiệp của nó là cực kỳ cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

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

C: nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0050%;

Si: nằm trong khoảng từ 1,90% đến 3,50%;

Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 3,00%;

Mn: nằm trong khoảng từ 0,05% đến 2,00%;

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%;

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%;

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%;

B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%;

Sn: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%;

Sb: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%;

Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%;

REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%;

Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%;

Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0400%; và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

trong đó, độ cứng H_D của cấu trúc biên dạng của phần giữa chiều dày (vị trí 1/2t) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là nhỏ hơn hoặc bằng H_v 220.

2. Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo điểm 1,

trong đó, mức chênh lệch độ cứng $H_s = H_D - H_U$ giữa độ cứng H_D của cấu trúc biên dạng và độ cứng H_U của cấu trúc tái kết tinh của phần lớp bề mặt chiều dày (vị trí 1/8t) ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng là H_v nhỏ hơn 20.

3. Tấm thép cán nóng dành cho các tấm thép điện không định hướng theo điểm 1 hoặc 2, còn bao gồm, theo % khối lượng, 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%; Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%; REM: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%; Ca: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%; và Mg: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%.