



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0043207
(51)^{2006.01} C22C 38/00; H01F 1/147; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/12

(21) 1-2022-04161 (22) 19/02/2021
(86) PCT/JP2021/006442 19/02/2021 (87) WO 2021/167086 A1 26/08/2021
(30) 2020-027503 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) 1-2022-04161

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng chứa, theo % khối lượng, trong đó tấm thép này bao gồm các thành phần gồm 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 0,10%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060% với phần còn lại gồm có Fe và các tạp chất, trong đó, ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể lớn hơn hoặc bằng 3,0 lần nồng độ P [% nguyên tử], và nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng lớn hơn hoặc bằng 3,5 lần nồng độ C trong hạt tinh thể.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

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

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, trong lĩnh vực thiết bị điện, cụ thể là, 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 lõi sắt, để đáp ứng hoạt động bảo vệ môi trường toàn cầu thể hiện bởi tiết kiệm điện năng và năng lượng toàn cầu, giảm CO₂ và 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.

Các đặc tính cần thiết đối với các tấm thép điện không định hướng về việc cải thiện các đặc tính của các động cơ là tổn hao do sắt và mật độ từ thông. Trong lĩnh vực kỹ thuật có liên quan, các đường kính hạt trước quá trình cán nguội được tăng lên bằng cách ủ ở nhiệt độ cao sau khi cán nóng, bằng cách đó các kết cấu của các tấm thép điện không định hướng, mà là các sản phẩm, được kiểm soát và các đặc tính của nó được cải thiện.

Tài liệu sáng chế 1 mô tả rằng tấm thép điện không định hướng có thể thu được các đặc tính từ vượt trội theo mọi hướng trong mặt phẳng tấm thu được bằng cách kiểm soát tỷ lệ tinh thể dạng hình trụ và đường kính hạt tinh thể trung bình trong quá trình đúc hoặc hóa rắn nhanh của thép nóng chảy, kiểm soát mức giảm cán của quá trình cán nguội và kiểm soát lực kéo căng ren và tốc độ làm nguội trong quá trình ủ cuối cùng.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản, Công bố lần thứ nhất số 2019-157247

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Khi nhu cầu của các tấm thép điện không định hướng (sau đây, còn được gọi đơn giản là các tấm thép điện) tăng cao, cần phải giảm chi phí. Là một trong số các phương pháp để giảm các chi phí sản xuất, phương pháp trong đó quá trình ủ sau khi cán nóng được bỏ qua bằng cách tăng nhiệt độ cán nóng trong quá trình cán nóng có thể được xem xét. Tuy nhiên, so với các tấm thép thông thường, một lượng lớn Si được bổ sung vào các tấm thép điện để làm giảm tổn hao do sắt, phát sinh các vết nứt từ các phần cuối của các tấm thép và sự đứt gãy của các tấm thép trong quá trình tẩy gỉ sau khi cán nóng đi kèm với sự uốn cong và không uốn cong được trên một phạm vi liên tục. Việc đơn giản bỏ qua quá trình ủ sau khi cán nóng làm suy giảm độ dai và tăng nguy cơ đứt gãy các tấm thép.

Sáng chế được thực hiện khi xem xét các trường hợp đã nêu ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng trong đó, ngay cả khi quá trình ủ sau khi cán nóng được bỏ qua, sự đứt gãy do sự uốn cong và không uốn cong được trong quá trình tẩy gỉ tiếp theo có thể được ngăn chặn, ngoài ra, có các đặc tính từ vượt trội trong trường hợp tại đó tấm thép điện được sản xuất, và độ dai cải thiện.

Biện pháp để giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã lặp lại các nghiên cứu chuyên sâu về phương pháp, trong tấm cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, bỏ qua quá trình ủ trong quá trình cán nóng và đáp ứng cả độ dai của tấm cán nóng đủ cao để ngăn chặn sự xuất hiện hiện tượng đứt gãy của phần cuối tấm thép trong quá trình tẩy gỉ và các đặc tính từ của tấm thép điện.

Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, khi nhiệt độ ủ nóng đều và thời gian trong quá trình tự ủ của tấm cán nóng bằng quá trình ủ ở nhiệt độ cao sau khi cán nóng và tốc độ làm nguội trong quá trình làm nguội tiếp theo được kiểm soát, có thể tăng lượng thiên tích của C có mặt ở các biên hạt ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng so với lượng thiên tích của P, mà làm suy giảm độ dai, kết quả là, sự đứt gãy do sự uốn cong và không uốn cong được có thể được ngăn chặn bằng cách cải thiện độ

dai của tấm thép cán nóng, và có thể thu được các đặc tính từ vượt trội khi tấm thép điện không định hướng được sản xuất.

Sáng chế được thực hiện dựa trên phát hiện nêu trên, và ý chính của nó là như được mô tả dưới đây.

(1) Tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép này chứa, 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 0,10%, 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 gồm có Fe và các tạp chất, trong đó, ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể lớn hơn hoặc bằng 3,0 lần nồng độ P [% nguyên tử], và nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể lớn hơn hoặc bằng 3,5 lần nồng độ C trong hạt tinh thể.

(2) Tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng theo mục (1), 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%, 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 tấm thép điện không định hướng có độ dai tấm cán nóng đủ ngay cả trong trường hợp bỏ qua quá trình ủ trong quá trình cán nóng và đáp ứng cả tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao khi tấm thép điện không định hướng được sản xuất.

Mô tả chi tiết 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. Ngoài ra, các khoảng giới hạn 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.

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

Trước tiên, các lý do để giới hạn các thành phần thép của sáng chế sẽ được mô tả. Sau đây, "%" về các thành phần của tấm thép có nghĩa là "% khối lượng".

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

C bị thiên tích ở các biên hạt để làm tăng độ dai, và do đó tốt hơn là C với hàm lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0010% được bổ sung. Mặt khác, C là thành phần có hại làm suy giảm tổn hao do sắt và cũng có tác động như là nguyên nhân cho sự già hóa từ, và do đó hàm lượng C được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050% và tốt hơn là được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%.

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 và còn có tác dụng cải thiện khả năng dập phôi thành các lõi sắt bằng cách tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Để thể hiện các tác dụng này, Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,90% cần phải được chứa. Mặt khác, khi hàm lượng của nó tăng lên, mật độ từ thông giảm xuống, và, trong các quá trình sản xuất tấm thép điện không định hướng, khả năng gia công đối với quá trình cán nguội và quá trình tương tự giảm xuống, và chi phí tăng lên, và do đó hàm lượng Si được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,50% và tốt hơn là được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,00%.

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

Tương tự với 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, nhưng nó làm tăng độ cứng ở mức độ nhỏ so với Si. Do đó, Al với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% cần phải được chứa. Mặt khác, khi hàm lượng của nó tăng lên, mật độ từ thông bão hòa giảm xuống, gây ra sự giảm mật độ từ thông, ngoài ra, còn gây ra sự giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền, và độ chính xác đập phôi cũng suy giảm, và do đó hàm lượng Al được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 3,00% và tốt hơn là được đặt đến 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 giảm tổn hao do dòng xoáy và cải thiện kết cấu kết tinh lại sơ cấp để phát triển định hướng tinh thể $\{110\}<001>$, cần thiết để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán. Ngoài ra, Mn ngăn chặn sự kết tủa của sulfua mangan như MnS, có hại cho sự phát triển hạt tinh thể. Đối với các mục đích như vậy, Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,05%, tốt hơn là, lớn hơn hoặc bằng 0,20% cần phải được chứa. Tuy nhiên, khi hàm lượng của nó tăng lên, sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ giảm xuống, và tổn hao do sắt tăng lên, và do đó hàm lượng Mn được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,00% và tốt hơn là được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,50%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%

P có tác dụng làm tăng độ chính xác đập phôi và có thể được bổ sung, nhưng sự tăng hàm lượng P làm cho các tấm thép chứa Si với lượng lớn hơn 2% trở nên cực kỳ giòn. Do đó, hàm lượng P được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,10% và tốt hơn là được đặt đến 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 của sự suy giảm mật độ từ thông bởi sự giảm của P.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%

S bị kết tủa mangan dưới dạng sulfua như MnS và do đó làm giảm sự tái kết tinh và sự phát triển hạt tinh thể trong quá trình ủ cuối cùng hoặc tương tự, và do đó hàm lượng S được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn là được đặt đến 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 trên bề mặt của tấm cán nóng bởi sự kết tủa mịn của nitrua như AlN, được tạo ra trong quá trình ủ dài 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, và do đó hàm lượng N được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040% và tốt hơn là được đặt đến 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, và do đó hàm lượng B được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060% và tốt hơn là được đặt đến 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 B.

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, nhưng có tác dụng cải thiện kết cấu kết tinh lại sơ cấp của tấm thép để phát triển kết cấu này thành kết cấu {110}<001>, cần thiết để cải thiện các đặc tính từ theo hướng cán, và ngăn chặn kết cấu {111}<112> hoặc tương tự, không mong muốn đối với các đặc tính từ, và do đó có thể được bổ sung nếu cần. Đối với các mục đích như vậy, tốt hơn là mỗi nguyên tố trong số Sn và Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% được chứa. Mặt khác, ngay cả khi các hàm lượng của chúng 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 cán nóng bị suy giảm, và do đó, ngay cả trong trường hợp tại đó Sn và Sb được chứa, mỗi trong số các hàm lượng Sn và Sb được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,50%

Cu không phải là nguyên tố thiết yếu, nhưng thể hiện tác động bị kết tủa trong thép để cải thiện độ bền và do đó có thể được bổ sung nếu cần. Để thu được tác dụng này, tốt hơn là Cu với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% được chứa. Mặt khác, khi Cu với lượng lớn hơn 0,50% được chứa, có các trường hợp tại đó các vết nứt và các khuyết tật được bắt đầu trong quá trình cán. Do đó, tốt hơn là hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,50%. Ngay cả khi Sn, Sb hoặc Cu được chứa dưới dạng tạp chất, các tác dụng của các nguyên tố cơ bản đã nêu ở trên không bị suy giảm.

REM: nằm trong khoảng từ 0% đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%

Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%

Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0400%

REM, Ca và Mg không phải là các nguyên tố thiết yếu, nhưng là các nguyên tố thúc đẩy sự phát triển hạt và do đó có thể được bổ sung nếu cần. Để thu được tác dụng này, tốt hơn là hàm lượng của mỗi nguyên tố trong số chúng được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Hàm lượng của tổ bất kỳ trong số các nguyên tố này 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 mỗi nguyên tố trong số REM, Ca và Mg vượt quá 0,0400%, các đặc tính từ giảm xuống, và do đó hàm lượng này được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,0040%. Hàm lượng của nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0300% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0200%. REM là chữ viết tắt của kim loại đất hiếm (rare earth metal) 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 khác với các thành phần đã nêu ở trên là Fe và các nguyên tố tạp chất.

Khi tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng được là cho chứa các thành phần như đã mô tả ở trên, có thể tạo ra tấm thép điện không định hướng có các đặc tính từ vượt trội khi tấm thép điện được sản xuất.

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, và N có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp nóng chảy-dẫn nhiệt bằng khí trơ.

Các nồng độ nguyên tố ở biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng

Tiếp theo, các nồng độ nguyên tố ở các biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng sẽ được mô tả.

Nồng độ C/nồng độ P

Tiếp theo, trong tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của phương án này, tỷ lệ $TR = C/P$ của nồng độ C (C) với nồng độ P (P) [% nguyên tử] được chứa ở các biên hạt lớn hơn hoặc bằng 3,0. P là nguyên tố đại diện làm giảm lực cố kết giữa các nguyên tử và làm suy giảm độ dai bằng cách bị thiên tích ở các biên hạt. Do đó, lượng của P bị thiên tích ở các biên hạt tốt hơn là càng nhỏ càng tốt, nhưng điều bình thường đối với P là chắc chắn được chứa trong tấm thép dưới dạng nguyên tố tạp chất, và do đó khó tránh khỏi sự suy giảm độ dai bởi sự thiên tích giữa các hạt của P. Thực tế là tỷ lệ $TR = C/P$ của nồng độ C (C) với nồng độ P (P) [% nguyên tử] được chứa ở các biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng lớn hơn hoặc bằng 3,0 có nghĩa là, nói cách khác, nồng độ C [% nguyên tử] ở các biên hạt tính thể lớn hơn hoặc bằng 3,0 lần nồng độ P [% nguyên tử].

C là nguyên tố đại diện cải thiện lực cố kết giữa các nguyên tử và cải thiện độ dai bằng cách bị thiên tích ở các biên hạt. Do đó, trong tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của sáng chế, nồng độ C bị thiên tích ở các biên hạt được đặt để lớn hơn hoặc bằng 3,0 lần nồng độ P bị thiên tích ở các biên hạt. Trong trường hợp như vậy, độ dai của tấm thép cán nóng cải thiện, và có thể để ngăn chặn sự đứt gãy của phần cuối của tấm thép do sự uốn cong và không uốn cong được trong quá trình tẩy gỉ.

Trong trường hợp tại đó tấm thép đứt gãy do sự uốn cong và không uốn cong được, các vết nứt được bắt đầu ở phần cuối, và tấm thép đứt gãy, và do đó nồng độ C và nồng độ P được chứa ở các biên hạt ở phần cuối của tấm thép cần có mối quan hệ đã nêu ở trên. Đặc biệt là, nồng độ C và nồng độ P được chứa ở các biên hạt được đo bằng

cách cắt mẫu thử nghiệm Charpy sao cho vị trí 10mm từ mặt cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép (sau đây, được gọi là phần cuối theo hướng chiều rộng tấm) trở thành bề mặt của mặt cắt ngang L, tạo ra vết khía hình chữ V trên bề mặt trên bề mặt phía tấm thép, thực hiện thử nghiệm Charpy trong môi trường khí có nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng -50°C và phân tích bề mặt bị đứt gãy giữa các hạt bằng phổ học điện tử Auger (Auger electron spectroscopy, AES). Nồng độ C và nồng độ P được tính từ các tỷ lệ giữa cường độ phổ của bề mặt bị đứt gãy giữa các hạt được phân tích bởi AES và các cường độ phổ của lượng của các nguyên tố tồn tại. Ở đây, mặt cắt ngang L có nghĩa là mặt cắt ngang song song với hướng chiều dày tấm của tấm thép và hướng cán (hoặc hướng dọc của tấm thép).

B cũng có tác dụng giống như C, nhưng B là nguyên tố làm suy giảm các đặc tính từ và do đó gây khó khăn cho việc thỏa mãn cả đặc tính từ và độ dai, và, như đã mô tả ở trên, 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, và do đó, theo sáng chế, C bị thiên tích ở các biên hạt.

Nồng độ C ở biên hạt/nồng độ C ở giữa các hạt

Ngoài tỷ lệ đã mô tả ở trên của nồng độ C với nồng độ P ở các biên hạt, ngoài ra, tỷ lệ $CR = C_{GB}/C_{IG}$ của nồng độ C (C_{GB}) [% nguyên tử] có mặt ở các biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng với nồng độ C (C_{IG}) [% nguyên tử] có mặt trong các hạt được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 3,5, bằng cách đó có thể cải thiện hơn nữa độ dai. Nồng độ C ở biên hạt và nồng độ C ở giữa các hạt có thể được đo bằng phương pháp giống như đối với nồng độ C và nồng độ P đã mô tả ở trên. Thực tế là tỷ lệ $CR = C_{GB}/C_{IG}$ của nồng độ C (C_{GB}) [% nguyên tử] có mặt ở các biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng với nồng độ C (C_{IG}) [% nguyên tử] có mặt trong các hạt được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 3,5 có nghĩa là, nói cách khác, nồng độ C [% nguyên tử] ở các biên hạt tinh thể của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng lớn hơn hoặc bằng 3,5 lần nồng độ C trong các hạt tinh thể.

Phương pháp sản xuất

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

Tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của sáng chế được sản xuất bằng cách sản xuất thép nóng chảy có các thành phần đã nêu ở trên thành phôi tấm bằng cách đúc liên tục, ngoài ra, thực hiện cán nóng để tạo ra tấm cán nóng (quá trình cán nóng), thực hiện quá trình tự ủ bằng nhiệt từ cuộn đã được quấn sau khi cán nóng và, ngoài ra, làm nguội cuộn. Để làm phương pháp sản xuất phôi tấm, phương pháp thông thường có thể được sử dụng.

Cán nóng

Tiếp theo, tốt hơn là phôi tấm được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1080°C đến 1200°C và cán nóng. Nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là được đặt đến cao hơn hoặc bằng 1080°C do nhiệt độ hoàn thiện trở nên cao hơn hoặc bằng 850°C, và ủ bằng cách gia nhiệt lại sau khi quá trình quấn được bỏ qua như được mô tả dưới đây. Nhiệt độ hoàn thiện tốt hơn là được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 1200°C vì sự hình thành của sự hòa tan rắn và sự kết tủa mịn của tạp chất như sulfua được ngăn chặn, và tổn hao do sắt không bị tăng lên.

Nhiệt độ hoàn thiện tốt hơn là được đặt đến nằm trong khoảng từ 850°C đến 1000°C. Điều này là do, như được mô tả dưới đây, nhiệt độ quấn được đặt đến nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C để thực hiện quá trình tự ủ bằng nhiệt từ cuộn, bằng cách đó bỏ qua quá trình ủ bằng cách gia nhiệt lại. Ngoài ra, điều này là do, khi nhiệt độ hoàn thiện thấp, khả năng gia công nóng giảm xuống, và có mối lo ngại là độ chính xác chiều dày tấm theo hướng chiều rộng của tấm thép có thể giảm xuống. Mặt khác, để ngăn chặn sự suy giảm độ dai do các đường kính hạt ferit trở nên thô, nhiệt độ hoàn thiện tốt hơn là được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 1000°C.

Quấn và tự ủ

Tiếp theo, tấm thép cán nóng sau khi kết thúc cán tinh được quấn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C. Khi tấm thép cán nóng được quấn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 850°C, có thể thực hiện quá trình tự ủ bằng nhiệt được tích tụ bởi cuộn đã được cuộn, và có thể ngăn chặn sự phát triển của các hạt tinh thể theo định hướng {111}, mà ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính từ, ngay cả khi quá trình ủ bằng cách gia nhiệt lại được bỏ qua. Để cải thiện các đặc tính từ, cụ thể là, mật độ từ thông, được ưu tiên là làm thô hơn nữa các đường kính hạt tinh thể của tấm thép cán

nóng trước khi cán nguội; tuy nhiên, khi tấm thép cán nóng được ủ ở nhiệt độ cao, độ dai giảm do sự tách cacbon, và không thể thu được tác dụng cải thiện độ dai, và do đó nhiệt độ ủ tốt hơn là được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 850°C .

Quá trình tiến hành tự ủ trên cuộn sau khi ủ còn được gọi là quá trình xử lý bảo toàn nhiệt. Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt bắt đầu ở thời điểm tại đó tấm thép cán nóng được ủ để tạo ra cuộn và kết thúc ở thời điểm tại đó nhiệt độ của cuộn bắt đầu giảm. Thời điểm tại đó cuộn được tạo ra là thời điểm tại đó việc ủ của một dải 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, là điểm uốn của đường cong tốc độ làm nguội. Phụ thuộc vào nhiệt độ bảo toàn nhiệt, có các trường hợp tại 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 ủ 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.

Ngoài ra, để làm thô các đường kính hạt tinh thể của tấm thép cán nóng trước quá trình cán nguội, nhiệt có thể được duy trì bằng cách che phủ cuộn đã được cuộn bằng áo bọc bảo toàn nhiệt. Trong trường hợp thực hiện quá trình xử lý bảo toàn nhiệt bằng cách sử dụng áo bọc bảo toàn nhiệt, thời gian từ khi đặt áo bọc bảo toàn nhiệt trên cuộn đến khi loại bỏ nó được coi là thời gian bảo toàn nhiệt. Từ quan điểm sự tái kết tinh của tấm cán nóng, thời gian bảo toàn nhiệt của quá trình bảo toàn nhiệt tốt hơn là dài hơn hoặc bằng một phút. Mặt khác, khi các hạt được phát triển quá mức, sự đứt gãy có khả năng xảy ra trong quá trình tẩy gỉ và quá trình làm nguội, và do đó thời gian bảo toàn nhiệt tốt hơn là ngắn hơn hoặc bằng hai giờ.

Quá trình duy trì nhiệt bằng cách che phủ cuộn bằng áo bọc bảo toàn nhiệt hoặc quá trình tiến hành tự ủ bằng nhiệt được tích tụ bởi cuộn đã được cuộn cũng được gọi là quá trình xử lý bảo toàn nhiệt. Nhiệt độ của quá trình xử lý bảo toàn nhiệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 720°C đến 830°C . Khi nhiệt độ của quá trình xử lý bảo toàn nhiệt được đặt đến cao hơn hoặc bằng 720°C , các đường kính hạt trước khi cán nguội phát triển đủ, và có thể thu được mật độ từ thông cao. Ngoài ra, khi nhiệt độ của quá trình xử lý bảo

toàn nhiệt được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 830°C , có thể thu được tác dụng lên lớp oxit bên trong mà được tạo ra trên bề mặt của tấm thép được triệt tiêu.

Quá trình làm nguội

Theo sáng chế, quan trọng là kiểm soát tốc độ làm nguội để nồng độ C và nồng độ P ở các biên hạt có mối quan hệ đã nêu ở trên.

Đặc biệt là, khi tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ quán đến 600°C , là nhiệt độ tại đó P có khả năng bị thiên tích ở các biên hạt, được đặt để nhanh, sự thiên tích của P được ngăn chặn, và, khi tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 400°C đến 600°C , là các nhiệt độ tại đó C có khả năng bị thiên tích ở các biên hạt, được đặt để chậm, sự thiên tích của C được thúc đẩy. Trong trường hợp như vậy, sự suy giảm độ dai do sự thiên tích ở biên hạt của P được ngăn chặn, làm cho có thể ngăn chặn sự đứt gãy của tấm thép trong các quá trình tiếp theo. Quá trình kiểm soát tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ quán đến 400°C cũng được gọi là quá trình làm nguội.

Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ quán đến 600°C tốt hơn là được đặt đến nằm trong khoảng từ 10 đến 100°C/phút . Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ quán đến 600°C tốt hơn nữa là nhanh hơn 10°C/phút và còn tốt hơn nữa là 20°C/phút , 30°C/phút hoặc 40°C/phút .

Tốc độ làm nguội trung bình ở 400°C đến 600°C tốt hơn là càng chậm càng tốt để thúc đẩy sự thiên tích của C vào trong các biên hạt; tuy nhiên, khi tốc độ làm nguội trung bình quá chậm, thời gian của tự ủ trở nên dài, và các đường kính hạt trở nên thô quá mức và do đó làm suy giảm độ dai, và do đó tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là được đặt đến nhanh hơn hoặc bằng 30°C/giờ . Khi tốc độ làm nguội quá nhanh, C không bị thiên tích đủ, và do đó tốc độ làm nguội tốt hơn là được đặt đến chậm hơn hoặc bằng 120°C/giờ .

Như đã mô tả, các vết nứt được bắt đầu và tấm thép đứt gãy ở phần cuối của tấm thép, và do đó tốc độ làm nguội đã mô tả ở trên là tốc độ làm nguội ở phần cuối (phía bề mặt bên của cuộn) của tấm thép. Tốc độ làm nguội có thể được kiểm soát bằng cách đưa không khí đến cuộn bằng máy quạt và điều chỉnh lượng hoặc nhiệt độ của không khí. Là nhiệt độ của phần cuối của tấm thép, nhiệt độ của mặt cắt ngang tấm thép (ở vị trí mong muốn) được đo bằng nhiệt kế bức xạ. Thời gian trong đó không khí được phun

vào cuộn bằng máy quạt được coi là thời gian làm nguội. Thời gian làm nguội không được quy định cụ thể.

Ngoài ra, khi tốc độ làm nguội ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 600°C được đặt đến 50 đến 80°C/giờ, có thể đặt tỷ lệ $CR = C_{GB}/C_{IG}$ của nồng độ C (C_{GB}) [% nguyên tử] có mặt ở các biên hạt của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng với nồng độ C (C_{IG}) [% nguyên tử] có mặt trong các hạt đến lớn hơn hoặc bằng 3,5.

Chi tiết, tốc độ làm nguội được kiểm soát bằng cách phun không khí đến cuộn đã trải qua quá trình ủ (quá trình xử lý bảo toàn nhiệt) bằng, chẳng hạn, máy quạt để làm nguội cuộn.

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.

Sn và Sb

Trong trường hợp tại đó Sn và Sb được bổ sung vào tấm thép, vì các nguyên tố này góp phần vào tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao, có thể làm giảm nhiệt độ bảo toàn nhiệt, và, do đó, độ dai có thể được cải thiện. Ở thời điểm này, khi nhiệt độ bảo toàn nhiệt được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 850°C, tốt hơn là được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 800°C và tốt hơn nữa là được đặt đến thấp hơn hoặc bằng 750°C, có thể đáp ở mức cao cả độ dai thích hợp và tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao.

Cơ chế bổ sung Sn và Sb để góp phần vào sự giảm tổn hao do sắt và sự tăng mật độ từ thông được xem xét ở chỗ các nguyên tố này ngăn chặn sự phát triển của các hạt định hướng {111}, ảnh hưởng bất lợi đến các đặc tính từ.

Khi tẩy gỉ, quá trình cán nguội và quá trình ủ cuối cùng được thực hiện bằng các phương pháp thông thường trên tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của sáng chế, mà 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, vì tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của sáng chế có độ dai vượt trội như đã mô tả ở trên, không có các trường hợp tại đó các vết nứt được bắt đầu do sự uốn cong và

không uốn cong được ngay cả khi quá trình tẩy gỉ được thực hiện bằng phương pháp thông thường. Như đã mô tả ở trên, tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng theo sáng chế trải qua quá trình cán nóng, quá trình xử lý bảo toàn nhiệt và quá trình làm nguội. Quá trình làm nguội có thể được thực hiện, chẳng hạn, giữa quá trình vận chuyển 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.

Theo sáng chế, độ dai của tấm cán nóng có nghĩa là độ dai của tấm thép dành cho tấm thép điện không định hướng trước khi tẩy gỉ đã trải qua quá trình quá trình làm nguội sau quá trình tự ủ đã mô tả ở trên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả, nhưng các điều kiện trong các ví dụ chỉ là ví dụ của các điều kiện được chấp nhận để xác nhận tính khả thi và tác dụng của sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Sáng chế có thể chấp nhận các 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 các thành phần được thể hiện trong bảng 1 được đúc và cán nóng, do đó tạo ra các tấm cán nóng có chiều dày tấm bằng 2,0mm. Sau đó, trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 2, các tấm cán nóng được cuộn thành các cuộn, nhiệt được duy trì, và các cuộn được làm nguội, do đó tạo ra các tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng.

Quá trình làm nguội được thực hiện bằng cách phun không khí đến các phần cuối. Là các tốc độ làm nguội, các tốc độ làm nguội ở các vị trí của phần cuối các tấm thép được đo bằng cách sử dụng nhiệt kế bức xạ.

Dấu hiệu phương pháp sản xuất B0 là ví dụ tham chiếu trong đó tấm thép cán nóng được cuộn, được làm nguội và sau đó được ủ dài nóng trong môi trường khí 100% nito. Các kết quả đo của các nồng độ C và P ở các biên hạt ở các phần cuối của các tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng đã được tạo ra và các nhiệt độ

chuyển pha trong thử nghiệm Charpy được thực hiện để đánh giá độ dai được thể hiện trong bảng 3.

Các nồng độ C và P ở các biên hạt được đo bằng cách cắt các mẫu thử nghiệm Charpy từ các phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của các tấm thép, tạo các vết khía hình chữ V trên phía bề mặt phía tấm thép, thực hiện thử nghiệm Charpy trong môi trường khí ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng -50°C và phân tích các bề mặt bị đứt gãy giữa các hạt bằng phổ học điện tử Auger (AES).

Các nhiệt độ chuyển pha ở bề mặt bị đứt gãy được đo bằng thực hiện thử nghiệm Charpy theo JIS Z 2242. Trong các ví dụ này, trong trường hợp tại đó nhiệt độ chuyển pha ở bề mặt bị đứt gãy thấp hơn 0°C , độ dai được xác định là tốt.

Tiếp theo, các tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng đã được tạo ra được tẩy gỉ bằng cách được nhúng trong axit clohydric (85°C , 7,5% khối lượng) trong 30 giây, sau đó, được cán nguội đến chiều dày bằng 0,5mm ở mức giảm cán bằng 75% và được ủ cuối cùng ở 1050°C trong 30 giây, do đó thu được các tấm thép điện không định hướng.

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

Các mẫu 55mm x 55mm thu thập từ các tấm thép điện không định hướng, W15/50 (các tổn hao do sắt ở thời điểm từ hóa các 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), và các tổn hao do sắt được đánh giá. Các mật độ từ thông được đánh giá bằng cách sử dụng B50, mà là các mật độ từ thông ở cường độ từ trường bằng 5000A/m. Tất cả các kết quả đo được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 1

Thành phần hóa học (% khối lượng) (phần còn lại là Fe và các tạp chất)														
Thép số	C	Si	Mn	P	S	Al	N	B	Sn	Sb	Cu	REM	Ca	Mg
A1	0,0011	3,21	0,21	0,05	0,003	1,18	0,0012	0,0013	-	-	-	-	-	-
A2	0,0049	2,92	0,25	0,01	0,002	1,51	0,0023	0,0021	-	-	-	-	-	-
A3	0,0013	1,91	0,16	0,02	0,004	2,83	0,0021	0,0035	-	-	-	-	-	-
A4	0,0024	3,48	0,23	0,01	0,005	0,83	0,0016	0,0024	-	-	-	-	-	-
A5	0,0035	3,12	0,06	0,04	0,002	1,39	0,0013	0,0042	-	-	-	-	-	-
A6	0,0024	2,56	1,95	0,02	0,003	0,84	0,0026	0,0027	-	-	-	-	-	-
A7	0,0026	1,94	0,56	0,09	0,002	2,52	0,0023	0,0031	-	-	-	-	-	-
A8	0,0021	2,41	0,78	0,03	0,005	1,80	0,0021	0,0042	-	-	-	-	-	-
A9	0,0015	3,43	1,41	0,05	0,002	0,12	0,0031	0,0033	-	-	-	-	-	-
A10	0,0042	1,92	0,06	0,09	0,003	2,88	0,0024	0,0051	-	-	-	-	-	-
A11	0,0013	2,38	1,52	0,03	0,002	1,35	0,0039	0,0024	-	-	-	-	-	-
A12	0,0032	2,87	0,28	0,04	0,003	1,56	0,0021	0,0058	-	-	-	-	-	-
A13	0,0045	2,95	0,37	0,03	0,001	1,40	0,0023	0,0023	-	-	-	-	-	-
A14	0,0036	3,11	0,26	0,05	0,003	1,27	0,0014	0,0034	-	-	-	-	-	-
A15	0,0021	3,21	0,23	0,01	0,002	1,17	0,0032	0,0023	-	-	-	-	0,0010	-
A16	0,0023	3,14	0,25	0,01	0,001	1,24	0,0015	0,0023	-	-	-	-	-	0,0020
A17	0,0012	3,02	0,33	0,04	0,002	1,34	0,0023	0,0021	-	-	0,34	-	-	-
A18	0,0013	2,95	0,66	0,02	0,001	1,21	0,0016	0,0034	-	-	-	0,0009	-	-
A19	0,0012	3,02	0,15	0,02	0,002	1,46	0,0017	0,0021	0,43	-	-	-	-	-
A20	0,0015	2,56	0,23	0,03	0,001	1,97	0,0016	0,0025	-	0,41	-	-	-	-
A21	0,0018	2,68	0,25	0,02	0,002	1,81	0,0023	0,0032	0,04	-	0,05	-	-	-
a1	0,0002	3,24	0,06	0,02	0,002	1,24	0,0013	0,0032	-	-	-	-	-	-
a2	0,0081	2,97	0,24	0,04	0,003	1,46	0,0024	0,0054	-	-	-	-	-	-
a3	0,0034	1,82	0,07	0,02	0,002	3,00	0,0031	0,0023	-	-	-	-	-	-
a4	0,0021	4,13	0,07	0,06	0,003	0,13	0,0025	0,0031	-	-	-	-	-	-
a5	0,0028	2,65	0,02	0,02	0,004	2,00	0,0025	0,0051	-	-	-	-	-	-
a6	0,0032	1,99	3,44	0,06	0,004	0,56	0,0031	0,0021	-	-	-	-	-	-
a7	0,0013	2,37	1,35	0,21	0,002	1,47	0,0034	0,0034	-	0,03	-	-	-	-
a8	0,0023	2,65	1,25	0,04	0,009	1,19	0,0032	0,0032	0,04	-	-	-	-	-
a9	0,0016	2,88	0,45	0,07	0,003	0,08	0,0021	0,0021	-	-	0,22	-	-	-
a10	0,0036	1,92	0,06	0,01	0,002	3,59	0,0011	0,0044	-	0,13	0,26	-	-	-
a11	0,0028	3,16	0,75	0,01	0,003	0,89	0,0081	0,0025	0,22	0,34	-	-	-	-
a12	0,0043	2,67	0,58	0,02	0,001	1,61	0,0034	0,0088	0,37	0,24	0,25	-	-	-

Ví dụ của sáng chế

Ví dụ so sánh

Bảng 1

Bảng 2

Ký hiệu phương pháp sản xuất	Quá trình cán nóng			Quá trình ủ dài nóng	Quá trình xử lý bảo toàn nhiệt		Tốc độ làm nguội trung bình	
	Nhiệt độ gia nhiệt phôi tắm	Nhiệt độ kết thúc	Nhiệt độ quán cuộn	Nhiệt độ ủ	Nhiệt độ bảo toàn nhiệt	Thời gian bảo toàn nhiệt	Từ nhiệt độ quán đến 600°C	Từ 600°C đến 400°C
	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(phút)	(°C/phút)	(°C/giờ)
B0	1160	870	650	920	-	-	-	-
B1	1082	890	760	-	750	65	50	58
B2	1195	882	790	-	780	63	60	67
B3	1123	852	819	-	790	28	90	76
B4	1187	998	778	-	760	48	30	38
B5	1165	920	768	-	740	2	30	56
B6	1189	870	813	-	800	118	40	84
B7	1154	890	780	-	760	28	70	35
B8	1176	928	797	-	780	47	60	118
B9	1143	932	780	-	750	114	30	50
B10	1128	890	782	-	740	39	50	112
b1	970	904	778	-	790	45	30	45
b2	1423	936	739	-	780	109	90	79
b3	1165	801	728	-	750	46	30	86
b4	1187	1180	716	-	740	29	40	98
b5	1165	890	729	-	760	0,5	50	55
b6	1165	920	726	-	730	200	20	102
b7	1181	930	709	-	720	114	30	12
b8	1174	890	729	-	740	93	70	198
b9	1165	890	780	-	740	65	110	80
b10	1156	920	770	-	800	70	5	90
b11	1176	900	760	-	680	70	30	80
b12	1156	880	780	-	900	65	20	90
b13	1156	890	770	-	720	45	30	20

Bảng 3

Ký hiệu	Thép số	Phương pháp sản xuất số	TR=C/P	Độ dài của tấm cán nóng	Mật độ từ thông	Tổn hao do sắt
				Nhiệt độ chuyển pha trong thử nghiệm Charpy	B50	W15/50
				(°C)	(T)	(W/kg)
C0	A1	B0	1,2	28		
C1	A1	B1	4,2	-4	1,68	2,51
C2	A2	B2	4,5	-3	1,68	2,56
C3	A3	B3	5,3	-4	1,71	2,54
C4	A4	B4	5,6	-10	1,68	2,58
C5	A5	B5	4,2	-10	1,68	2,55
C6	A6	B6	3,7	-6	1,68	2,57
C7	A7	B7	5,5	-8	1,65	2,55
C8	A8	B8	3,7	-2	1,65	2,54
C9	A9	B9	3,5	-7	1,66	2,54
C10	A10	B10	4,8	-9	1,67	2,59
C11	A11	B1	4,2	-10	1,67	2,54
C12	A12	B2	5,1	-11	1,69	2,52
C13	A13	B7	5,6	-9	1,71	2,51
C14	A14	B8	6,3	-8	1,72	2,52
c1	<u>a1</u>	b1	<u>2,8</u>	13	1,61	2,63
c2	<u>a2</u>	b2	<u>2,7</u>	14	1,61	2,68
c3	<u>a3</u>	b3	<u>1,3</u>	13	1,58	2,65
c4	<u>a4</u>	b4	<u>1,5</u>	15	1,58	2,64
c5	<u>a5</u>	b5	<u>1,6</u>	17	1,59	2,67
c6	<u>a6</u>	b6	<u>1,5</u>	9	1,55	2,66
c7	<u>a7</u>	b7	<u>1,4</u>	8	1,54	2,65
c8	<u>a8</u>	b8	<u>1,3</u>	7	1,55	2,64
c9	<u>a9</u>	b1	<u>1,8</u>	9	1,54	2,65
c10	<u>a10</u>	b2	<u>1,8</u>	9	1,57	2,69
c11	<u>a11</u>	b3	<u>2,1</u>	8	1,56	2,69
c12	<u>a12</u>	b4	<u>2,1</u>	15	1,59	2,64
c13	A1	b5	<u>2,8</u>	9	1,62	2,62
c14	A2	b6	<u>2,9</u>	8	1,59	2,63
c15	A3	b7	<u>2,7</u>	7	1,59	2,64
c16	A4	b8	<u>2,8</u>	9	1,58	2,63
c17	A4	b9	<u>2,5</u>	5	1,56	2,62
c18	A5	b10	<u>2,4</u>	6	1,58	2,67
c19	A6	b11	<u>2,4</u>	7	1,57	2,64
c20	A7	b12	<u>2,6</u>	2	1,56	2,66
c21	A8	b13	<u>2,1</u>	8	1,59	2,67
c22	<u>a1</u>	B1	<u>1,2</u>	5	1,56	2,63
c23	<u>a2</u>	B2	<u>1,6</u>	3	1,57	2,64
c24	<u>a3</u>	B3	<u>1,2</u>	4	1,58	2,63
c25	<u>a4</u>	B4	<u>2,5</u>	6	1,58	2,64
c26	<u>a5</u>	B5	<u>1,2</u>	7	1,58	2,64

Ví dụ 2

Các tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng được sản xuất theo cùng một cách bằng cách sử dụng các loại thép được thể hiện trong bảng 1 và các phương pháp sản xuất được thể hiện trong bảng 2, và sau đó thu được các tấm thép điện không định hướng.

Về các tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng thu được, ngoài các kết quả đo của ví dụ 1, các tỷ lệ giữa nồng độ C ở biên hạt và nồng độ C ở giữa các hạt được đo. Về các tấm thép điện không định hướng, các đặc tính từ được đo theo cùng một cách như trong ví dụ 1. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 4

Ký hiệu	Thép số	Phương pháp sản xuất số	TR=C/P	CR=C _{GB} /C _{IG}	Độ dai của tấm cán nóng	Mật độ từ thông	Tổn hao do sắt	
					Nhiệt độ chuyển pha trong thử nghiệm Charpy	B50	W15/50	
					(°C)	(T)	(W/kg)	
D1	A1	B4	4,2	<u>3,2</u>	-4	1,68	2,51	Ví dụ so sánh
D2	A2	B6	4,5	<u>3,1</u>	-3	1,68	2,56	Ví dụ so sánh
D3	A13	B9	5,6	5,2	-19	1,71	2,51	Ví dụ của sáng chế
D4	A14	B2	6,3	6,1	-18	1,72	2,52	Ví dụ của sáng chế
D5	<u>a1</u>	b1	<u>2,8</u>	<u>3,1</u>	13	1,61	2,63	Ví dụ so sánh
D6	A2	b6	<u>2,9</u>	<u>3,2</u>	8	1,59	2,63	Ví dụ so sánh
D7	<u>a1</u>	B1	<u>1,2</u>	<u>3,1</u>	5	1,56	2,63	Ví dụ so sánh

Có thể xác nhận rằng, khi tỷ lệ $CR = C_{GB}/C_{IG}$ của nồng độ C C_{GB} [% nguyên tử] có mặt ở các biên hạt với nồng độ C C_{IG} [% nguyên tử] có mặt trong các hạt được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 3,5, đã thu được các đặc tính cực kỳ tốt. Trong lúc không được thể hiện rõ ràng trong bảng 3, CR lớn hơn hoặc bằng 3,5 trong C1, C2, C3, C5, C9, C11 và C12.

Có thể xác nhận rằng việc sử dụng tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng của sáng chế làm cho có thể thu được tấm thép điện không định hướng có các đặc tính vượt trội giống như các tấm thép điện không định hướng mà tấm thép cán nóng thông thường dành cho tấm thép điện không định hướng đã trải qua quá trình ủ dài nóng được sử dụng mà không gây ra sự đứt gãy của tấm thép trong quá trình tẩy gỉ.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng có độ dai tấm cán nóng đủ ngay cả trong trường hợp bỏ qua quá trình ủ trong quá trình cán nóng và đáp ứng cả tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao khi tấm thép điện không định hướng được sản xuất. Do đó, có thể sản xuất ổn định và tạo ra tấm thép điện không định hướng có tổn hao do sắt thấp và mật độ từ thông cao mà không gây ra sự đứt gãy, và 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 mà tấm thép điện không định hướng được sử dụng làm vật liệu lõi sắt và có giá trị công nghiệp rất cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, trong đó tấm thép 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 0,10%;

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 gồm có Fe và các tạp chất,

trong đó, ở phần cuối theo hướng chiều rộng tấm của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng, nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể lớn hơn hoặc bằng 3,0 lần nồng độ P [% nguyên tử], và

nồng độ C [% nguyên tử] ở biên hạt tinh thể của tấm thép cán nóng dành cho tấm thép điện không định hướng lớn hơn hoặc bằng 3,5 lần nồng độ C trong hạt tinh thể.

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

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%.