



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0030542

(51)⁸ C22C 38/00; C22C 38/12; C22C 38/14; (13) B
H02K 1/02; C23C 2/28; C23C 2/40;
C25D 5/26; H01F 1/18; C21D 8/12;
C23C 2/06

(21) 1-2017-02111

(22) 20/11/2015

(86) PCT/JP2015/005806 20/11/2015

(87) WO 2016/088321 A1 09/06/2016

(30) 2014-246562 05/12/2014 JP

(45) 25/12/2021 405

(43) 25/09/2017 354A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) KOHSAKA, Noriaki (JP); FUNAKAWA, Yoshimasa (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) TẤM THÉP ĐƯỢC CÁN NÓNG DÙNG CHO CỤC TỪ, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY VÀ CHI TIẾT VÀNH DÙNG CHO BỘ TẠO NĂNG LƯỢNG THỦY LỰC

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng dùng làm cực từ có độ bền cao, khả năng hàn tốt, và đặc tính từ tính mạnh; phương pháp sản xuất tấm thép; và chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực. Tấm thép có hợp phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, C: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,12% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,1% hoặc lớn hơn và 0,7% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,8% hoặc lớn hơn và 1,6% hoặc nhỏ hơn, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,08% hoặc nhỏ hơn, N: 0,006% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,06% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, cấu trúc tế vi bao gồm, xét về tỷ lệ diện tích, 98% hoặc lớn hơn là pha ferit, trong đó tỷ lệ lượng Fe kết tủa so với hàm lượng Fe trong thép là 0,22% theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, trong đó tỷ lệ lượng Nb kết tủa so với hàm lượng Nb trong thép là 80 % theo khối lượng hoặc lớn hơn, và trong đó đường kính hạt trung bình của các hạt cacbua chứa Nb kết tủa là 6 nm hoặc nhỏ hơn, giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, mật độ từ thông B50 là 1,4 T hoặc lớn hơn, mật độ từ thông B100 là 1,5 T hoặc lớn hơn, và độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn bằng (độ cứng Vicker trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ mà tấm thép này có thể tốt hơn là được sử dụng cho, ví dụ, chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực; phương pháp sản xuất tấm thép; và chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ngày nay, do sự nóng lên toàn cầu được coi là vấn đề theo quan điểm về việc bảo vệ môi trường toàn cầu, nên có nhu cầu gia tăng đối với năng lượng tự nhiên, mà không phát ra khí cacbon dioxit. Ngoài ra, theo quan điểm về việc ngăn cản sự nóng lên toàn cầu này, bộ tạo năng lượng thủy lực ngày nay được coi là nguồn năng lượng sạch nhiều triển vọng. Bộ phát điện như bộ phát điện thủy lực có rôto và stato, trong đó rôto bao gồm lõi cực, mà có tác dụng làm lõi sắt, và vành, mà đỡ lõi cực. Để làm tăng công suất phát điện cần phải quay rôto ở tốc độ cao. Do đó, vành được yêu cầu phải có độ bền cao để chịu lực ly tâm do việc quay ở tốc độ cao. Ngoài ra, tấm thép dùng cho vành (chi tiết vành) được yêu cầu phải có từ tính mạnh. Ngoài ra, do các tấm thép được nối bằng cách thực hiện việc hàn, và do độ bền của các mối hàn có xu hướng thay đổi, nên các tấm thép được yêu cầu phải có khả năng hàn tốt.

Để đáp ứng các yêu cầu được nêu trên, các kỹ thuật khác nhau về tấm thép được cán nóng mà đã tập trung vào từ tính và khả năng hàn đã được đề xuất cho đến nay.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ rằng có thể thu được tấm thép có độ bền được thể hiện bởi giới hạn chảy bằng 700 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán và từ tính được thể hiện bởi mật độ từ thông B_{50} là 1,5 T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B_{100} là 1,6 T hoặc lớn hơn bằng cách tạo ra cấu trúc tế vi bao gồm, xét về tỷ lệ diện tích, 95% hoặc lớn hơn của pha ferit, mà trong đó các kết tủa chứa Ti và V có đường kính hạt trung bình nhỏ hơn 10nm kết tủa được trong các hạt tinh thể của pha ferit, và trong đó đường kính hạt trung bình của pha ferit là 2 μ m hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 10 μ m.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ rằng có thể thu được tấm thép được cán nóng có độ bền cao có mật độ từ thông cao bằng cách cán nóng tấm thép chứa, tính theo % trọng lượng, C: 0,05% đến 0,15%, Si: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,70% đến 2,00%, Ti: 0,10% đến 0,30%, và B: 0,0015% đến 0,0050%, và sau đó cuộn tấm thép được cán nóng ở nhiệt độ là 500°C hoặc thấp hơn.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép được cán nóng có độ bền cao khả năng tạo hình cao dùng cho lõi sắt của bộ quay có hợp phần hóa học chứa C: 0,10% hoặc nhỏ hơn, Ti: 0,02% đến 0,2%, và ít nhất một trong số hợp phần là Mo: 0,7% hoặc nhỏ hơn và W: 1,5% hoặc nhỏ hơn, cấu trúc tế vi mà về cơ bản bao gồm pha ferit và trong đó cacbua có đường kính hạt nhỏ hơn 10 nm chứa Ti và ít nhất một trong số W và Mo được phân tán, và mức độ bền là 590 MPa hoặc lớn hơn.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn quốc tế số WO2013/115205

Tài liệu sáng chế 2: Công bố sáng chế Nhật Bản số 63-166931

Tài liệu sáng chế 3: Công bố sáng chế Nhật Bản số 2003-268509

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, trong trường hợp về kỹ thuật theo Tài liệu sáng chế 1, do chứa chất tan V, nên khá là khó để điều chỉnh lượng xementit thô kết tủa được, và có sự giảm về khả năng hàn.

Trong trường hợp về kỹ thuật theo Tài liệu sáng chế 2, do cần phải thực hiện bước cuộn ở nhiệt độ 500°C hoặc thấp hơn, có nghĩa là, trong khoảng nhiệt độ mà trong đó việc điều chỉnh nhiệt độ là khó, nên có vấn đề là sự biến đổi các đặc tính giữa các lõi và trong lõi. Hơn nữa, pha chuyển đổi ở nhiệt độ thấp không thích hợp dùng cho chi tiết vành, do có việc hư hỏng về hình dạng tấm thép do sự biến đổi trong ứng suất biến dạng.

Trong trường hợp về kỹ thuật theo Tài liệu sáng chế 3, do không có sự xem xét được đưa ra đối với khả năng hàn, và do không có sự xem xét được đưa ra đối với tác dụng của xementit thô, không thể đạt được từ tính bền.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là, trên quan điểm về tình trạng nêu trên, đề xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ có giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, khả năng hàn tốt, và từ tính mạnh, phương pháp sản xuất tấm thép, và chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực.

Giải pháp cho vấn đề

Từ các kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu đồng thời về các yêu cầu đối với tấm thép có độ bền cao, khả năng hàn tốt, và từ tính mạnh, đã phát hiện ra rằng việc giảm độ cứng trong vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn phần lớn là do sự phân giải của cacbua chứa V, mà độ tan của chúng lớn. Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng, để ngăn việc làm giảm độ cứng này trong vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn, bổ sung Si, mà là nguyên tố tăng cường chất tan, mà không có V được bổ sung hoặc với hàm lượng V được điều chỉnh là hữu hiệu. Mặt khác, có việc làm giảm từ tính trong từ trường cao do việc bổ sung Si. Do đó, các nghiên cứu được thực hiện để cải thiện từ tính, và, kết quả là, đã thỏa mãn việc ngăn sự hình thành xementit thô đến giới hạn cuối cùng và cacbua kết tủa có sự liên quan chặt chẽ với nền là các yêu cầu để đạt được đồng thời độ bền cao và từ tính mạnh.

Sáng chế đã được hoàn thành trên cơ sở về sự hiểu biết được nêu trên, và đối tượng theo sáng chế như sau.

(1) Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ, trong đó tấm thép này có hợp phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, C: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,12% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,1% hoặc lớn hơn và 0,7% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,8% hoặc lớn hơn và 1,6% hoặc nhỏ hơn, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,08% hoặc nhỏ hơn, N: 0,006% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,06% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, cấu trúc tế vi bao gồm, xét về tỷ lệ diện tích, 98% hoặc lớn hơn là pha ferit, mà trong đó tỷ lệ lượng Fe kết tủa so với hàm lượng Fe trong thép bằng 0,22% theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, mà trong đó tỷ lệ lượng Nb kết tủa so với hàm lượng Nb trong thép bằng 80 % theo khối lượng hoặc lớn hơn, và trong đó đường kính hạt trung bình của các hạt cacbua chứa Nb kết

tủa bằng 6 nm hoặc nhỏ hơn, giới hạn chảy bằng 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, mật độ từ thông B50 là 1,4 T hoặc lớn hơn, mật độ từ thông B100 là 1,5 T hoặc lớn hơn, và độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn bằng (độ cứng Vicker trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn.

(2) Tầm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục (1) trên, mà trong đó biểu thức liên hệ (1) dưới đây được thỏa mãn.

$$[\%C] - 12 \left(\frac{[\%Nb]}{93} + \frac{[\%V]}{51} + \frac{[\%Ti]}{48} \right) \leq 0.040 \quad \dots (1)$$

Sau đây, %C, %Nb, %V, và %Ti lần lượt là hàm lượng của các nguyên tố hóa học tương ứng. Ngoài ra, hàm lượng nguyên tố hóa học mà không được thêm vào được thiết lập là 0.

(3) Tầm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục (1) hoặc (2) nêu trên, trong đó hợp phần hóa học còn bao gồm, tính theo % khối lượng, một hoặc cả hai trong số V: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05% và Ti: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05%.

(4) Phương pháp sản xuất tầm thép được cán nóng dùng cho cực từ, trong đó phương pháp này bao gồm bước làm nóng vật liệu thép thô có hợp phần hóa học theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn, sau đó hoàn thành bước cán thô ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn, thực hiện bước cán nóng với nhiệt độ cán hoàn thành là 840°C hoặc lớn hơn, làm nguội tầm thép được cán nóng ở tốc độ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn trong thời gian 3 giây sau khi bước cán hoàn thành được thực hiện, và cuộn tầm thép được làm nguội ở nhiệt độ 550°C hoặc cao hơn và 700°C hoặc thấp hơn.

(5) Phương pháp sản xuất tầm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục (4) nêu trên, trong đó phương pháp này còn bao gồm thực hiện xử lý phủ trên bề mặt tầm thép.

(6) Phương pháp sản xuất tầm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục (5) trên, bước xử lý phủ là một trong số các bước xử lý mạ kẽm nhúng nóng, xử lý tráng kẽm nhúng nóng, và xử lý phủ mạ điện.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục (5) hoặc (6) trên, lớp phủ được tạo ra bằng cách thực hiện việc xử lý lớp phủ có hợp phần hóa học chứa một, hai, hoặc nhiều hơn trong số Zn, Si, Al, Ni, và Mg.

(8) Chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực được làm từ tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên.

Ở đây, theo sáng chế, nghĩa của thuật ngữ "tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ" bao gồm tấm thép (tấm thép được cán nóng) mà không được đưa vào xử lý phủ, tấm thép (GI) mà được đưa vào xử lý mạ kẽm nhúng nóng, tấm thép (GA) mà được đưa vào xử lý hợp kim hóa sau khi việc xử lý mạ kẽm nhúng nóng được thực hiện, và tấm thép (EG) mà được đưa vào xử lý phủ mạ điện.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ có giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, khả năng hàn tốt, và từ tính mạnh. Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế tốt hơn là có thể được sử dụng cho, ví dụ, chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực. Bằng cách sử dụng tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế dùng cho chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực, có thể làm tăng hiệu quả và tuổi thọ thiết bị của bộ tạo năng lượng thủy lực, mà có tác dụng đánh dấu.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết. Sau đây, "%" là chỉ "% theo khối lượng", trừ khi được lưu ý khác.

Thứ nhất, cấu trúc tế vi, mà đề xuất yêu cầu quan trọng đối với tấm thép theo sáng chế, sẽ được mô tả chi tiết.

Tỷ lệ diện tích của pha ferit: 98% hoặc lớn hơn (bao gồm 100%)

Trong trường hợp mà mật độ lệch mạng lớn, có sự giảm đáng kể về mật độ từ thông. Do đó, cần phải tạo ra cấu trúc tế vi mà không bao gồm pha chuyển đổi ở nhiệt độ thấp (phân rã-tăng cường) như pha bainit hoặc pha mactensit, mà có mật độ lệch mạng lớn. Theo sáng chế, để đạt được đặc tính từ tính mong muốn, tỷ lệ diện tích của

pha ferit được thiết lập là 98% hoặc lớn hơn. Các ví dụ về phần còn lại bao gồm pha bainit, pha mactensit, và peclit.

Tỷ lệ của lượng Fe kết tủa so với hàm lượng Fe trong thép: 0,22% hoặc nhỏ hơn Fe ở dạng kết tủa tạo ra từ xementit. Do xementit thô làm giảm mật độ từ thông, tốt hơn là lượng xementit càng nhỏ càng tốt. Để đạt được mật độ từ thông được yêu cầu theo sáng chế bằng cách làm giảm lượng xementit, cần thiết là tỷ lệ (sau đây, còn được gọi là "lượng kết tủa Fe") của "lượng Fe kết tủa được" đối với "hàm lượng Fe trong thép" là 0,22% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,20% hoặc nhỏ hơn. Ở đây, có thể xác định tỷ lệ kết tủa Fe bằng cách sử dụng phương pháp được nêu trong Ví dụ dưới đây.

Để ngăn sự hình thành xementit, tốt hơn là càng chứa nhiều C càng có thể kết tủa được ở dạng cacbua chứa Nb. Để thực hiện việc này, tốt hơn là biểu thức liên quan (1) dưới đây được thỏa mãn.

$$[\%C] - 12 \left(\frac{[\%Nb]}{93} + \frac{[\%V]}{51} + \frac{[\%Ti]}{48} \right) \leq 0.040 \quad \dots (1)$$

Sau đây, %C, %Nb, %V, và %Ti lần lượt là hàm lượng của các nguyên tố hóa học tương ứng. Ngoài ra, hàm lượng nguyên tố hóa học mà không được thêm vào được thiết lập là 0.

Biểu thức liên quan (1) là, theo quan điểm về các nguyên tố hóa học tạo thành, do đó có sự giảm về lượng xementit của C kết hợp với Nb, V, và/hoặc Ti kết tủa được ở dạng cacbua mịn trong trường hợp của điều kiện sản xuất thích hợp, và lượng xementit kết tủa được được điều chỉnh để nằm trong khoảng mà không có sự giảm về mật độ từ thông bằng cách điều chỉnh trị số phía bên trái của biểu thức liên quan là 0,040 hoặc nhỏ hơn. Có thể đạt được đặc tính từ tính mạnh cụ thể được thể hiện bởi mật độ từ thông B₅₀ là 1,5 T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B₁₀₀ là 1,6 T hoặc lớn hơn bằng cách điều chỉnh trị số phía bên trái của biểu thức liên quan (1) là 0,03 hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, do C tạo ra cacbua mịn, tốt hơn là trị số phía trái của biểu thức liên quan (1) là -0,005 hoặc lớn hơn.

Hơn nữa, C mà không được kết hợp với Nb, V, hoặc Ti kết tủa được ở dạng Fe

cacbua. Để kết tủa hầu hết toàn bộ C được chứa ở dạng cacbua tinh luyện chứa Nb, V, hoặc Ti, tốt hơn là cán thô, mà được thực hiện trước khi bước cán hoàn thiện được thực hiện, được hoàn thiện ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn.

Tỷ lệ của lượng Nb kết tủa được đối với hàm lượng Nb trong thép: 80% theo khối lượng hoặc lớn hơn

Theo sáng chế, bằng cách phân tán cacbua chứa Nb tinh luyện, có thể đạt được độ bền cao được biểu diễn bởi giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn. Trong trường hợp mà tỷ lệ (còn được gọi là "lượng kết tủa Nb" hoặc "tỷ lệ kết tủa Nb") của "lượng Nb kết tủa" đối với "hàm lượng Nb trong thép" nhỏ hơn 80%, có thể đạt được độ bền mong muốn, và có sự giảm xuống về mật độ từ thông do ảnh hưởng của chất tan Nb. Từ quan điểm nêu trên, lượng kết tủa Nb được thiết lập là 80% hoặc lớn hơn, hoặc tốt hơn là 85% hoặc lớn hơn. Ở đây, có thể xác định tỷ lệ kết tủa Nb bằng cách sử dụng phương pháp được nêu trong Ví dụ dưới đây.

Đường kính trung bình của các hạt cacbua chứa Nb kết tủa: 6 nm hoặc nhỏ hơn

Lượng tăng lên về độ bền do sự phân tán của cacbua chứa Nb tăng lên với việc giảm đường kính hạt cacbua. Để đạt được độ bền cao được biểu diễn bởi giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn, cần thiết là đường kính hạt trung bình của cacbua chứa Nb kết tủa là 6nm hoặc nhỏ hơn. Ở đây, có thể xác định đường kính hạt trung bình của cacbua bằng cách sử dụng phương pháp được nêu trong Ví dụ dưới đây.

Sau đây, các nguyên nhân cho giới hạn trên hợp phần hóa học theo sáng chế sẽ được mô tả.

C: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,12% hoặc nhỏ hơn

C là nguyên tố hóa học mà góp phần để làm tăng về độ bền của tấm thép bằng cách kết hợp với Nb để tạo ra cacbua tinh luyện chứa Nb. Để đạt được giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn, cần thiết là hàm lượng C ít nhất là 0,02% hoặc lớn hơn, hoặc tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng C lớn hơn 0,12%, do xementit được tạo ra, có sự giảm xuống về mật độ từ thông. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng C được thiết lập là 0,12%, hoặc tốt hơn là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,1% hoặc lớn hơn và 0,7% hoặc nhỏ hơn

Do Si nguyên tố tăng cường hòa tan chịu nhiệt, Si có tác dụng để ngăn sự giảm độ cứng trong vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn. Hơn nữa, Si có tác dụng để giảm tác dụng tiêu cực của việc giảm mật độ từ thông do việc kết tủa của xementit bằng cách làm giảm đường kính hạt xementit. Như được nêu trên, Si là thành phần quan trọng theo sáng chế. Để thực hiện các mục đích này, giới hạn dưới của hàm lượng Si được thiết lập là 0,1%, tốt hơn là 0,2% hoặc lớn hơn, hoặc tốt hơn nữa là 0,35% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng Si lớn hơn 0,7%, tác dụng tiêu cực của việc giảm mật độ từ thông do Si được bổ sung có thể thấy được, và có việc hư hỏng bên ngoài bề mặt và việc làm giảm khả năng phủ kẽm do vảy đỏ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Si được thiết lập là bằng 0,7%, hoặc tốt hơn là 0,6% hoặc nhỏ hơn.

Mn: 0,8% hoặc lớn hơn và 1,6% hoặc nhỏ hơn

Đường kính hạt cacbua chứa Nb giảm xuống bằng việc giảm nhiệt độ chuyển đổi mà ở đó austenit chuyển đổi thành ferit. Do Mn có tác dụng để hạ nhiệt độ chuyển đổi mà ở đó austenit chuyển thành ferit, do đó có sự giảm đường kính hạt cacbua chứa Nb của Mn được bổ sung, mà dẫn đến sự tăng lên về độ bền. Để đạt được giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn, cần thiết là hàm lượng Mn bằng 0,8% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng lớn hơn 1,6%, pha bainit có xu hướng được tạo ra, mà dẫn đến làm giảm độ bền và sự biến đổi về mật độ từ thông do việc hình thành xementit thô. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập là 0,8% hoặc lớn hơn và 1,6% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,9% hoặc lớn hơn và 1,5% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,03% hoặc nhỏ hơn

P là nguyên tố hóa học mà do đó làm giảm đáng kể độ bền của mối hàn khi được tách ra ở biên hạt. Do đó, tốt hơn là hàm lượng P càng nhỏ càng tốt. Theo sáng chế, để tránh vấn đề được nêu trên, hàm lượng P được thiết lập là 0,03% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,02% hoặc nhỏ hơn.

S: 0,005% hoặc nhỏ hơn

S có ở dạng tạp chất như MnS trong thép. Đường kính hạt của các tạp chất này lớn, mà làm giảm mật độ từ thông. Do đó, do tốt hơn là hàm lượng S càng nhỏ càng tốt

theo sáng chế, hàm lượng S được thiết lập là 0,005% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,003% hoặc nhỏ hơn.

Al: 0,08% hoặc nhỏ hơn

Trong trường hợp mà Al được sử dụng làm chất khử oxi trong quá trình tạo thép, hàm lượng Al được thiết lập là 0,02% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng Al lớn hơn 0,08%, có sự giảm về mật độ từ thông do các tạp chất thô như nhôm oxit. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập là bằng 0,08% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,07% hoặc nhỏ hơn.

N: 0,006% hoặc nhỏ hơn

N kết hợp với Nb để tạo ra nitrat hóa thô, mà làm giảm về mật độ từ thông. Hơn nữa, do có sự giảm về lượng cacbua mịn kết tủa được chứa Nb, mà góp phần vào việc tăng độ bền, nên có sự giảm về độ bền. Do đó, do tốt hơn là hàm lượng N càng nhỏ càng tốt, giới hạn trên của hàm lượng N được thiết lập là 0,006%, hoặc tốt hơn là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Nb: 0,06% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn

Nb là nguyên tố hóa học mà góp phần để làm tăng về độ bền của tấm thép bằng cách tạo ra cacbua mịn. Để đạt được giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn, cần thiết là hàm lượng Nb bằng 0,06% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng Nb lớn hơn 0,20%, do có thể hòa tan cacbua chứa Nb thô trong quá trình làm nóng tấm trước quá trình cán nóng, việc góp phần vào sự tăng độ bền trở nên bão hòa, và có sự giảm mật độ từ thông. Do đó, hàm lượng Nb được thiết lập là 0,06% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, hoặc tốt hơn là 0,08% hoặc lớn hơn và 0,18% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là hàm lượng Nb là 0,10% hoặc lớn hơn và 0,18% hoặc nhỏ hơn để đạt được giới hạn chảy là 550 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán.

Phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Mặc dù hợp phần hóa học được nêu trên là hợp phần hóa học theo sáng chế, một hoặc cả hai trong số V: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05% và Ti: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05% có thể được bổ sung vào hợp phần hóa học được nêu trên nhằm mục đích được nêu dưới đây.

V và Ti là nguyên tố hóa học mà góp phần vào việc tăng thêm về độ bền bằng cách kết hợp với C. Để thu được tác dụng này, tốt hơn là hàm lượng của mỗi V và Ti là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, trong trường hợp mà hàm lượng V là 0,05% hoặc lớn hơn, do tác dụng tiêu cực của việc giảm về độ cứng trong vùng ảnh hưởng nhiệt của mối hàn do sự phân giải của cacbua chứa V trở nên thấy rõ, có sự giảm về khả năng hàn. Trong trường hợp mà hàm lượng Ti là 0,05% hoặc lớn hơn, cacbua chứa Ti thô được giữ trong quá trình làm nóng tấm trước quá trình cán nóng, mà gây ra việc giảm về mật độ từ thông. Do đó, trong trường hợp mà V và Ti được bổ sung, hàm lượng V được thiết lập là 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05%, hoặc tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn và 0,04% hoặc nhỏ hơn, và hàm lượng Ti được thiết lập là 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05%, hoặc tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn và 0,03% hoặc nhỏ hơn.

Sau đây, lý do giới hạn về các đặc tính của tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế sẽ được mô tả.

Giới hạn chảy theo hướng cán: 500 MPa hoặc lớn hơn

Trong trường hợp mà tấm thép được sử dụng cho, ví dụ, chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực, tấm thép cần phải có đủ độ bền. Trong trường hợp mà tấm thép có giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, có thể làm giảm độ dày của tấm thép để sử dụng tấm thép dùng cho chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực có hiệu quả cao. Trong trường hợp này, do giới hạn chảy mà được xác định bằng cách thực hiện thí nghiệm kéo theo hướng song song với hướng cán quan trọng, nên giới hạn chảy theo hướng cán được chỉ rõ. Cụ thể, tốt hơn là giới hạn chảy của tấm thép theo sáng chế là 700 MPa hoặc nhỏ hơn.

Mật độ từ thông B_{50} : 1,4 T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B_{100} : 1,5 T hoặc lớn hơn

Trong trường hợp mà tấm thép có mật độ từ thông B_{50} là 1,4 T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B_{100} là 1,5 T hoặc lớn hơn, có thể sử dụng tấm thép dùng cho chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực để làm tăng tác dụng của bộ tạo năng lượng thủy lực.

Độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng hàn ảnh hưởng của nhiệt: (độ cứng Vicker

trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn

Các chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực được nối bằng cách thực hiện việc hàn. Bằng cách điều chỉnh độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng hàn ảnh hưởng của nhiệt (độ cứng Vicker trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn, có thể ngăn sai sót và các vấn đề xảy ra khi hàn. Trong trường hợp này, các điều kiện hàn nên giống như các điều kiện được nêu trong ví dụ.

Sau đây, phương pháp sản xuất cho tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế sẽ được mô tả.

Có thể sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế bằng cách làm nóng vật liệu thô (tấm thép) có hợp phần hóa học được nêu trên ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn, sau đó bằng cách hoàn thành bước cán thô ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn, bằng cách thực hiện bước cán nóng với nhiệt độ cán hoàn thành là 840°C hoặc lớn hơn, bằng cách làm nguội tấm thép được cán nóng ở tốc độ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn trong thời gian 3 giây sau khi bước cán hoàn thành được thực hiện, và bằng cách cuộn tấm thép được làm nguội ở nhiệt độ 550°C hoặc cao hơn và 700°C hoặc thấp hơn.

Theo sáng chế, không có giới hạn cụ thể về phương pháp được sử dụng để tạo ra thép nóng chảy, và phương pháp đã biết như phương pháp mà sử dụng lò chuyển hoặc lò điện có thể được sử dụng. Ngoài ra, tinh luyện thứ cấp có thể được thực hiện bằng cách sử dụng lò tách khí chân không. Sau đó, mặc dù tốt hơn là tấm (vật liệu thô của thép) được sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp đúc liên tục theo quan điểm về năng suất và chất lượng sản phẩm, tấm có thể được sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp đúc đã biết như phương pháp đổ thổi và đúc thổi hoặc phương pháp đúc liên tục tấm mỏng.

Nhiệt độ làm nóng của vật liệu thô của thép: 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn

Cần thiết về cơ bản để tạo ra pha austenit đồng nhất bằng cách làm nóng vật liệu thô của thép trước khi bước cán nóng được thực hiện. Trong trường hợp mà nhiệt độ làm nóng thấp hơn 1100°C, do không thể hòa tan cacbua thô chứa Nb và Ti, có sự

giảm về độ bền và mật độ từ thông. Mặt khác, trong trường hợp mà nhiệt độ làm nóng cao hơn 1350°C , do có sự tăng lên về lượng vảy được tạo ra, sự bám chặt của vảy xảy ra trong quá trình cán nóng, mà dẫn đến việc làm giảm về chất lượng bề mặt của tấm thép được cán nóng. Do đó, nhiệt độ làm nóng của vật liệu thô của thép được thiết lập là 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn, hoặc tốt hơn là 1150°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn. Tuy nhiên, khi bước cán nóng được thực hiện trên vật liệu thô của thép, trong trường hợp mà nhiệt độ vật liệu thô của thép đúc là 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn hoặc mà cacbua trong vật liệu thô của thép được thể hiện, bước cán nóng trực tiếp có thể được thực hiện mà không làm nóng vật liệu thô của thép.

Hoàn thiện bước cán thô ở nhiệt độ là 1100°C hoặc cao hơn và thực hiện bước cán nóng với nhiệt độ cán hoàn thiện là 840°C hoặc cao hơn

C mà không được kết hợp với Nb, V, hoặc Ti kết tủa được ở dạng Fe cacbua. Để kết tủa hầu hết toàn bộ C được chứa ở dạng cacbua tinh luyện chứa Nb, V, hoặc Ti, cần thiết là cán thô, mà được thực hiện trước khi bước cán hoàn thiện được thực hiện, được hoàn thiện ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn. Việc này là do, trong trường hợp mà bước cán thô được hoàn thiện ở nhiệt độ thấp hơn 1100°C , việc làm căng được bố trí bằng cách thực hiện cán thô thúc đẩy kết tủa của cacbua thô chứa Nb, V, và Ti trong austenit trong thời gian giữ lâu sau đó, mà tạo ảnh hưởng tiêu cực về độ bền và mật độ từ thông. Trong trường hợp mà nhiệt độ cán hoàn thiện thấp hơn 840°C , do việc chuyển đổi ferit bắt đầu trong khi cán hoàn thiện, cấu trúc tế vi mà trong đó các hạt ferit được mở rộng được tạo ra. Số lớn sự phân tán được thực hiện trong các hạt ferit được mở rộng này, mà gây ra sự giảm về mật độ từ thông. Do đó, nhiệt độ cán hoàn thiện được thiết lập là 840°C hoặc cao hơn, hoặc tốt hơn là 860°C hoặc cao hơn. Ở đây, mặc dù bước cán hoàn thiện được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn 1100°C , do thời gian trong khi mà cacbua kết tủa và phát triển ngắn trong bước cán hoàn thiện, mà được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán đôi, hơn trong bước cán thô, các tác dụng tiêu cực được nêu trên, mà trở nên dễ nhận thấy trong bước cán thô, trở nên khó nhận thấy.

Việc làm nguội ở tỷ lệ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn trong thời gian 3 giây sau khi bước cán hoàn thiện đã được thực hiện.

Đường kính hạt cacbua chứa Nb giảm xuống bằng việc giảm nhiệt độ chuyển đổi mà ở đó austenit chuyển đổi thành ferit. Để tạo ra cacbua có đường kính hạt trung bình bằng 6 nm hoặc nhỏ hơn, cần thiết là nhiệt độ chuyển đổi mà ở đó austenit chuyển đổi thành ferit là 700°C hoặc thấp hơn. Do đó, cần thiết là việc làm nguội ở tỷ lệ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn trong thời gian 3 giây sau khi bước cán hoàn thiện đã được thực hiện. Ở đây, thuật ngữ "tốc độ làm nguội trung bình" là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ cán hoàn thiện đến nhiệt độ 700°C .

Nhiệt độ cuộn: 550°C hoặc cao hơn và 700°C hoặc thấp hơn

Trong trường hợp mà nhiệt độ cuộn cao hơn 700°C , do có sự tăng lên về đường kính hạt cacbua, không thể đạt được độ bền và từ tính mong muốn. Mặt khác, trong trường hợp mà nhiệt độ cuộn thấp hơn 550°C , do pha bainit được tạo ra, có sự giảm về từ tính. Do đó, nhiệt độ cuộn được thiết lập là 550°C hoặc cao hơn và 700°C hoặc thấp hơn, hoặc tốt hơn là 580°C hoặc cao hơn và 680°C hoặc thấp hơn.

Như được nêu trên, tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế được sản xuất. Ở đây, ngay cả khi tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế được đi qua đường mạ kẽm liên tục mà trong đó nhiệt độ ủ là 720°C hoặc thấp hơn, không có ảnh hưởng về các đặc tính của tấm thép. Do đó, có thể tạo ra lớp phủ trên bề mặt của tấm thép bằng cách thực hiện xử lý phủ trên bề mặt của tấm thép. Ngoài ra, do không có ảnh hưởng của bước xử lý phủ hoặc hợp phần hóa học của bề nóng chảy trên các đặc tính của tấm thép, một trong số các bước xử lý mạ kẽm nhúng nóng, xử lý tráng kẽm nhúng nóng, và xử lý phủ mạ điện có thể được thực hiện làm bước xử lý phủ. Ngoài ra, hợp phần hóa học của bề nóng chảy nên là hợp phần chứa một, hai, hoặc nhiều hơn của Zn, Si, Al, Ni, và Mg. Có nghĩa là, hợp phần hóa học của lớp phủ mà được tạo ra bằng cách thực hiện xử lý phủ có thể chứa một, hai, hoặc nhiều hơn của Zn, Si, Al, Ni, và Mg.

Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo sáng chế thu được như nêu trên tốt hơn là có thể được sử dụng cho phần mà cần phải có từ tính cao, cụ thể, chi tiết

vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực. Ví dụ, có thể sử dụng tấm thép được cán nóng theo sáng chế làm chi tiết điện từ dùng cho vành hoặc lõi (như lõi cực) bằng cách cắt tấm thép thành dạng tiêu chuẩn bằng cách sử dụng, ví dụ, phương pháp kéo, phương pháp đục lỗ, hoặc phương pháp cắt bằng laze và bằng cách xếp chồng các tấm thép được cắt thành lớp. Cụ thể, tấm thép được cán nóng theo sáng chế có thể tốt hơn là được sử dụng cho vành dùng cho bộ tạo điện, mà đồng thời cần có độ bền cao và từ tính tốt. Khi các tấm thép được xếp chồng thành lớp, tốt hơn là các tấm thép được xếp chồng được cách điện với nhau bằng cách, ví dụ, phủ các tấm thép có màng cách điện hoặc bằng đặt vật liệu cách điện giữa các tấm thép.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Vật liệu thô của thép có hợp phần hóa học được đưa ra trên Bảng 1 và độ dày là 250 mm được tạo thành tấm thép được cán nóng dưới các điều kiện cán nóng được đưa ra trên Bảng 2. Một số tấm thép được cán nóng được đưa vào xử lý tráng kẽm nhúng nóng. Xử lý tráng kẽm nhúng nóng được thực hiện bằng cách sử dụng đường mạ kẽm nhúng nóng liên tục mà trong đó nhiệt độ ủ là 700°C hoặc thấp hơn, mà trong đó hợp phần hóa học của bể nóng chảy Zn-0,13-% theo khối lượng-Al, mà trong đó nhiệt độ của bể nóng chảy là 460°C, và trong đó nhiệt độ tạo hợp kim là 530°C, và trọng lượng phủ nằm trong khoảng từ 45 đến 65 g/m² trên một phía.

Bằng cách tạo các mảnh thử nghiệm từ tấm thép được cán nóng hoặc các tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng có độ dày nằm trong khoảng từ 1,6mm đến 3,2mm thu được như được nêu trên, khả năng quan sát cấu trúc tế vi và đánh giá đặc tính được thực hiện bằng cách sử dụng các phương pháp được nêu trên.

(i) Khả năng quan sát cấu trúc tế vi

Tỷ lệ diện tích của các pha tạo thành được đánh giá bằng cách sử dụng phương pháp sau đây. Bằng cách tạo ra mảnh thử nghiệm từ tấm thép được cán nóng hoặc tấm thép mạ kẽm nhúng nóng sao cho phần cắt ngang song song với hướng cán là bề mặt quan sát được, bằng cách khắc axit phần trung tâm theo hướng độ dày bằng cách sử dụng dung dịch nital 3% sao cho cấu trúc kim tương được lộ ra, và bằng cách quan sát

cấu trúc tế vi bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học quét ở độ phóng đại là 400 lần, thu được ảnh của 10 trường khi quan sát. Pha ferit là cấu trúc tế vi có các hạt mà trong đó dấu hiệu ăn mòn hoặc xementit không quan sát được. Bằng cách thực hiện phân tích hình ảnh để tách các pha khác như pha bainit, pha mactensit, và peclit, mà khác với pha ferit, tỷ lệ diện tích của mỗi pha được xác định là tỷ lệ diện tích của pha đối với diện tích của phạm vi quan sát được khi quan sát. Khi diện tích được xác định, phạm vi các hạt ferit được xem là các phần của pha ferit.

Đường kính hạt trung bình của các hạt cacbua chứa Nb kết tủa được xác định là trị số trung bình của đường kính hạt của 100 hạt cacbua hoặc lớn hơn được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử truyền qua ở độ phóng đại là 135000 lần hoặc lớn hơn, và đường kính hạt của mỗi cacbua được xác định là đường kính đường tròn tương đương của hạt.

Lượng kết tủa Fe được xác định bằng cách thực hiện điện phân dòng không đổi trên khoảng 0,2 g tấm thép trong dung dịch điện phân gốc AA 10% (10 theo thể tích axetylaxeton -1% theo khối lượng tetrametylamoni clorua-metanol) với mật độ hiện tại là 20 mA/cm², sau đó bằng cách tập trung các kết tủa từ dung dịch điện phân bằng cách thực hiện việc lọc, bằng cách xác định lượng Fe chứa trong các kết tủa bằng cách sử dụng phương pháp ICP-MS, và bằng cách đo tỷ lệ lượng Fe đối với khối lượng thép cơ sở mà được đưa vào điện phân dòng không đổi.

Về lượng kết tủa Nb (tỷ lệ kết tủa Nb), bằng cách thực hiện điện phân dòng không đổi bằng cách sử dụng cùng phương pháp như là được sử dụng để xác định lượng kết tủa Fe, lượng Nb chứa trong dung dịch điện phân được xác định sử dụng phương pháp ICP-MS. Do lượng Nb chứa trong dung dịch điện phân là lượng Nb ở dạng dung dịch rắn, lượng kết tủa Nb được suy ra bằng cách trừ đi lượng Nb ở dạng dung dịch rắn từ hàm lượng Nb.

(ii) Thử nghiệm kéo

Bằng cách lấy mảnh thử nghiệm kéo JIS số 5 song song với hướng cán của tấm thép khối tấm thép được cán nóng hoặc tấm thép mạ kẽm nhúng nóng, và bằng cách thực hiện thử nghiệm kéo 5 lần theo JIS Z 2241 (2011), các trị số trung bình của giới

hạn chảy (YS-yield strength), độ bền kéo (TS-tensile strength), và độ giãn dài tổng (El-total elongation) được suy ra. Tốc độ con trượt của thử nghiệm kéo là 10 mm/phút.

(iii) Xác định mật độ từ thông

Bằng cách lấy mẫu là 30 mm × 280 mm từ tấm thép được cán nóng hoặc tấm thép mạ kẽm nhúng nóng, bằng cách sử dụng thiết bị đo từ tính dòng một chiều, và bằng cách sử dụng phương pháp đo theo JIS C 2555, mật độ từ thông B_{50} và mật độ từ thông B_{100} được xác định. B_{50} và B_{100} lần lượt là mật độ từ thông cho lực từ hóa là 5000 A/m và lực từ hóa là 10000 A/m.

(iv) Đánh giá khả năng hàn

Khả năng hàn được đánh giá bằng cách thực hiện thử nghiệm hàn mà trong đó việc hàn hồ quang cacbon-dioxit được thực hiện bằng cách sử dụng lõi que hàn thép sợi có đường kính là 1,2 mm. Nhưng bước hàn được thực hiện dưới điều kiện về tốc độ hàn là 80 cm/phút, lõi que hàn thép sợi là 220 A, điện thế hàn là 25 V, và khe hở là 1 mm. Sau khi thực hiện thử nghiệm hàn, phần cắt ngang được cắt của đường hàn, và thử nghiệm độ cứng Vicker sau đó được thực hiện với tải thử nghiệm là 0,49 N ở khoảng cách là 0,5 mm theo hướng đi qua phần trung tâm theo hướng độ dày trên phần cắt ngang. Mặt khác, độ cứng của khuôn cối được xác định là trị số trung bình của trị số cứng mà được xác định với tải thử nghiệm là 0,49 N ở 5 điểm được đặt ở 30 mm hoặc lớn hơn từ mỗi hàn. Trên bảng 3, các trị số khác nhau giữa độ cứng của mỗi hàn (độ cứng mỗi hàn trung bình) và độ cứng nhỏ nhất của vùng ảnh hưởng nhiệt (độ cứng vùng ảnh hưởng nhiệt của mỗi hàn nhỏ nhất) được lấy ra.

Các kết quả thu được được nêu trên được đưa ra trên Bảng 3.

Bảng 1

Mã thép	Hợp phần hóa học (% theo khối lượng)										Biểu thức liên quan (1)	Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Khác			
A	0,03	0,24	1,4	0,01	0,001	0,05	0,0032	0,09	-	0,021	Ví dụ	
B	0,04	0,64	1,3	0,01	0,001	0,05	0,0048	0,13	-	0,027	Ví dụ	
C	0,05	0,59	1,4	0,02	0,002	0,04	0,0034	0,17	-	0,028	Ví dụ	
D	0,06	0,35	1,5	0,01	0,002	0,05	0,0034	0,15	V:0,02 Ti:0,02	0,026	Ví dụ	
E	<u>0,20</u>	0,36	1,4	0,02	0,002	0,03	0,0039	0,15	-	0,185	Ví dụ so sánh	
F	0,05	<u>0,01</u>	1,5	0,01	0,002	0,05	0,0036	0,12	-	0,036	Ví dụ so sánh	
G	0,06	0,51	1,0	0,01	0,002	0,04	0,0046	<u>0,01</u>	-	0,060	Ví dụ so sánh	
H	0,06	0,25	1,2	0,01	0,001	0,05	0,0035	0,13	-	0,041	Ví dụ	
I	0,03	0,35	1,2	0,01	0,001	0,04	0,0045	<u>0,04</u>	-	0,025	Ví dụ so sánh	

Bảng 2

Số tấm thép	Mã thép	Bề mặt*1	Nhiệt độ làm nóng tấm (°C)	Nhiệt độ hoàn cán thô (°C)	Nhiệt độ hoàn cán thiện (°C)	Nhiệt độ hoàn thiện (°C)	Thời gian bắt đầu làm nguội (giờ)*2	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/s)*3	Nhiệt độ cuộn (°C)	Lưu ý
1		Không được phủ	1220	1180	900		1,3	35	650	Ví dụ
2		GA	1220	1140	920		0,8	50	650	Ví dụ
3		Không được phủ	1240	1140	770		1,2	40	650	Ví dụ so sánh
4	A	Không được phủ	1210	1170	860		0,9	4	650	Ví dụ so sánh
5		Không được phủ	1200	1110	870		0,8	70	440	Ví dụ so sánh
6		Không được phủ	1220	1140	900		1,0	50	750	Ví dụ so sánh
7		Không được phủ	1240	1060	870		1,2	50	620	Ví dụ so sánh
8		Không được phủ	1230	1130	870		1,4	60	610	Ví dụ
9	B	GA	1220	1140	880		1,5	70	650	Ví dụ
10		Không được phủ	1250	1160	860		1,1	60	600	Ví dụ
11	C	GA	1250	1130	910		1,2	40	640	Ví dụ
12	D	Không được phủ	1250	1130	900		0,8	65	650	Ví dụ
13	E	Không được phủ	1200	1150	890		1,1	60	610	Ví dụ so sánh
14	F	Không được phủ	1220	1160	900		1,0	40	630	Ví dụ so sánh
15	G	Không được phủ	1240	1110	870		1,0	35	630	Ví dụ so sánh
16	H	Không được phủ	1250	1150	880		1,3	40	600	Ví dụ
17	I	Không được phủ	1240	1160	900		1,2	50	590	Ví dụ so sánh

*1) Không được phủ: tấm thép được cán nóng, GA: Tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng

*2) thời gian từ khi bước cán nóng được hoàn thiện cho đến khi làm việc làm nguội được bắt đầu ở tốc độ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn

*3) tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ cán hoàn thiện đến nhiệt độ là 700°C

Bảng 3

Số tấm thép	Cấu trúc tế vi tấm thép				Đặc tính cơ học						Từ tính		Đánh giá*6	Lưu ý
	Tỷ lệ ferrit (%)	Lượng Fe kết tủa (%)	Tỷ lệ kết tủa Nb (%)	Đường kính trung bình (mm)	Giới hạn chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Tổng độ kéo dài (%)	Độ cứng nền bình, HV	Độ cứng nhỏ nhất, HV	Phân biệt độ cứng hàn*5	B ₅₀ (T)	B ₁₀₀ (T)		
1	99	0,12	86	3	521	573	25,5	181	174	-7	1,61	1,74	O	Ví dụ
2	100	0,09	89	4	535	601	24,3	195	188	-7	1,64	1,78	O	Ví dụ
3	99	0,12	93	2	564	634	18,3	209	185	-24	<u>1,15</u>	<u>1,21</u>	×	Ví dụ so sánh
4	99	0,10	88	<u>1,5</u>	<u>425</u>	494	29,5	159	147	-12	1,55	1,70	×	Ví dụ so sánh
5	<u>7</u>	<u>0,54</u>	<u>52</u>	3	625	744	19,7	241	237	-4	<u>1,22</u>	<u>1,34</u>	×	Ví dụ so sánh
6	100	0,08	95	<u>1,3</u>	<u>439</u>	516	28,2	172	165	-7	1,55	1,72	×	Ví dụ so sánh
7	100	0,14	87	<u>8</u>	<u>448</u>	501	26,5	149	144	-5	1,35	1,48	×	Ví dụ so sánh
8	100	0,16	93	4	588	653	22,3	209	200	-9	1,64	1,69	O	Ví dụ
9	100	0,15	91	4	601	675	21,7	223	216	-7	1,63	1,80	O	Ví dụ
10	100	0,14	94	4	638	701	20,8	234	228	-6	1,61	1,79	O	Ví dụ
11	99	0,16	87	3	641	720	20,2	237	230	-7	1,63	1,79	O	Ví dụ
12	100	0,17	87	4	653	718	20,4	232	218	-14	1,61	1,74	O	Ví dụ
13	<u>84</u>	<u>0,93</u>	86	4	515	613	23,7	202	190	-12	<u>1,27</u>	<u>1,41</u>	×	Ví dụ so sánh
14	99	0,21	88	2	568	638	22,9	209	172	-37	1,59	1,79	×	Ví dụ so sánh
15	100	<u>0,33</u>	88	4	<u>389</u>	469	25,1	155	150	-5	1,63	1,78	×	Ví dụ so sánh
16	98	0,22	89	4	581	647	22,4	209	201	-8	1,41	1,52	O	Ví dụ
17	99	0,16	<u>78</u>	3	<u>484</u>	578	23,5	165	154	-11	1,45	1,51	×	Ví dụ so sánh

*4) tỷ lệ kết tủa Nb = (lượng Nb kết tủa được)/(hàm lượng Nb) × 100

*5) độ cứng mỗi hàn phân biệt = (độ cứng vùng ảnh hưởng nhiệt của mỗi hàn nhỏ nhất) - (độ cứng khuôn trung bình)

*6) Trường hợp mà giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn, mà độ cứng mỗi hàn phân biệt là -30 hoặc lớn hơn, và mà B₅₀ và B₁₀₀ lần lượt là 1,4 T hoặc lớn hơn và 1,5 T hoặc lớn hơn được đánh giá là "O", và trường hợp khác được đánh giá là "×".

Được làm rõ là, trong trường hợp của tất cả ví dụ theo sáng chế các tấm thép được cán nóng (tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng) có giới hạn chảy YS theo hướng cán là 500 MPa hoặc lớn hơn, khả năng hàn được biểu diễn bởi độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng hàn ảnh hưởng nhiệt là (độ cứng Vicker trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn, và từ tính mạnh được thể hiện bởi mật độ từ thông B_{50} là 1,4 T hoặc lớn hơn và mật độ từ thông B_{100} là 1,5 T hoặc lớn hơn thu được. Mặt khác, ví dụ so sánh, mà ngoài khoảng theo sáng chế, kém khi xét về một hoặc nhiều khía cạnh trong số giới hạn chảy, khả năng hàn, và từ tính.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ, trong đó tấm thép này có hợp phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, C: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,12% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,1% hoặc lớn hơn và 0,7% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,8% hoặc lớn hơn và 1,6% hoặc nhỏ hơn, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,08% hoặc nhỏ hơn, N: 0,006% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,06% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

cấu trúc tế vi bao gồm, xét về tỷ lệ diện tích, 98% hoặc lớn hơn là pha ferit,

trong đó tỷ lệ lượng Fe kết tủa so với hàm lượng Fe trong thép là 0,22% theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, tỷ lệ lượng Nb kết tủa so với hàm lượng Nb trong thép là 80% theo khối lượng hoặc lớn hơn, và đường kính hạt trung bình của các hạt cacbua chứa Nb kết tủa là 6 nm hoặc nhỏ hơn,

giới hạn chảy là 500 MPa hoặc lớn hơn theo hướng cán, mật độ từ thông B₅₀ là 1,4 T hoặc lớn hơn, mật độ từ thông B₁₀₀ là 1,5 T hoặc lớn hơn, và độ cứng Vicker nhỏ nhất của vùng ảnh hưởng nhiệt của mỗi hàn bằng (độ cứng Vicker trung bình của nền - 30) hoặc lớn hơn.

2. Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm 1, trong đó biểu thức liên quan (1) dưới đây được thỏa mãn:

$$[\%C] - 12 \left(\frac{[\%Nb]}{93} + \frac{[\%V]}{51} + \frac{[\%Ti]}{48} \right) \leq 0.040 \quad \dots (1)$$

trong đó %C, %Nb, %V, và %Ti lần lượt là các hàm lượng nguyên tố hóa học tương ứng, và trong đó hàm lượng nguyên tố hóa học mà không được thêm vào được thiết lập bằng 0.

3. Tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hợp phần hóa học còn bao gồm, tính theo % khối lượng, một hoặc cả hai trong số V: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05% và Ti: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,05%.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ, trong đó phương pháp này bao gồm bước làm nóng vật liệu thép thô có hợp phần hóa học theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn và 1350°C hoặc thấp hơn, sau đó hoàn thành bước cán thô ở nhiệt độ 1100°C hoặc cao hơn, thực hiện bước cán nóng với

nhệt độ cán hoàn thành là 840°C hoặc lớn hơn, làm nguội tấm thép được cán nóng ở tốc độ làm nguội trung bình là 30°C/s hoặc lớn hơn trong thời gian 3 giây sau khi bước cán hoàn thành được thực hiện, và cuộn tấm thép được làm nguội ở nhiệt độ 550°C hoặc cao hơn và 700°C hoặc thấp hơn.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm 4, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước thực hiện xử lý phủ trên bề mặt tấm thép.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm 5, trong đó bước xử lý phủ là một trong số các bước xử lý mạ kẽm nhúng nóng, xử lý tráng kẽm nhúng nóng, và xử lý phủ mạ điện.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm 5 hoặc 6, trong đó lớp phủ được tạo ra bằng cách thực hiện bước xử lý lớp phủ có hợp phần hóa học chứa một, hai, hoặc nhiều hơn trong số Zn, Si, Al, Ni, và Mg.

8. Chi tiết vành dùng cho bộ tạo năng lượng thủy lực được làm từ tấm thép được cán nóng dùng cho cực từ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.