



(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)



1-0049540

(51)^{2022.01} C22C 38/00; C21D 8/10; C22C 38/58; (13) B
C22C 38/14; B21C 37/08; C21D 9/46

(21) 1-2023-01961

(22) 15/09/2021

(86) PCT/JP2021/034009 15/09/2021

(87) WO 2022/075027 14/04/2022

(30) 2020-168164 05/10/2020 JP

(45) 25/08/2025 449

(43) 25/07/2023 424A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan

(72) MATSUMOTO Akihide (JP); NAKAZAWA Ryo (JP); MATSUMOTO Atsushi (JP); IDE Shinsuke (JP).

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

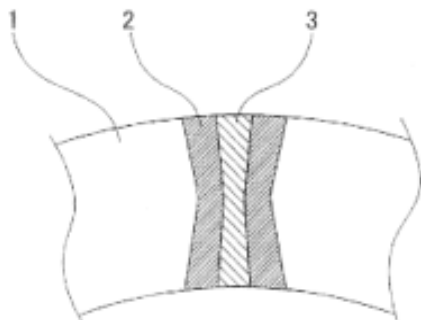
(54) ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ỐNG THÉP NÀY

(21) 1-2023-01961

(57) Sáng chế đề xuất ống thép hàn điện trở và phương pháp sản xuất ống thép này. Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở bao gồm vùng kim loại nền và mối hàn. Trong ống thép hàn điện trở, các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó pha bcc có mặt trong tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng 80%, kích thước hạt trung bình nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm và trị số A, được xác định theo phương trình (1), là 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn; tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống nhỏ hơn hoặc bằng 90%; và năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền lớn hơn hoặc bằng 100 J.

$$A = \varphi / ((\pi\rho/2)^{1/2} \times b) \dots(1)$$

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở và phương pháp sản xuất ống thép này. Ống thép hàn điện trở thích hợp cho các công trình xây dựng dân dụng, đường ống và các loại tương tự.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các ống thép được sử dụng trong các kết cấu lớn, chẳng hạn như kết cấu tòa nhà kỹ thuật dân dụng và đường ống, được yêu cầu phải có tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao, từ quan điểm về khả năng chống vênh, chống va đập, v.v.

Trong số các ống thép được sử dụng trong các kết cấu lớn như mô tả ở trên là ống thép hàn điện trở. Ống thép hàn điện trở là loại ống thép được sản xuất như sau. Tấm thép cán nóng (dải thép cán nóng) được cuộn ở dạng cuộn được đưa vào công đoạn tạo hình cuộn nguội trong khi tấm thép cán nóng được tháo cuộn liên tục, để tạo ra ống hở hình trụ, ống hở này sau đó được đưa vào công đoạn hàn điện trở trong đó các phần tiếp giáp với chu vi ống của chúng bị nung chảy bằng cách nung nóng bằng điện trở cao tần và được hàn áp lực với sự chèn ép do các trục ép gây ra, và phôi thu được được đưa vào công đoạn giảm đường kính được thực hiện bởi các trục định cỡ để có đường kính ngoài định trước.

Do các ống thép hàn điện trở được sản xuất liên tục bằng cách tạo hình nguội nên chúng có những ưu điểm như năng suất cao và độ chính xác về kích thước cao. Tuy nhiên, một nhược điểm với ống thép hàn điện trở là tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao của chúng như là kết quả từ sự hóa bền cơ học việc bởi vật liệu trong quá trình sản xuất ống. Hơn nữa, khi độ dày thành ống cần đạt được càng lớn thì mức hóa bền cơ học sẽ gây ra trong quá trình sản xuất ống càng lớn, và do đó, có vấn đề nảy sinh là tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền do quá trình sản xuất ống hơn nữa.

Về các công nghệ để giải quyết vấn đề được mô tả ở trên, ví dụ, tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 đề xuất các ống thép hàn điện trở. Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ ống thép hàn điện trở thành dày, trong đó cấu trúc kim loại của tấm thép nguyên liệu chứa,

theo tỷ lệ diện tích, từ 50 đến 92% là ferit đa giác, ferit đa giác có kích thước hạt trung bình là 15 μm hoặc nhỏ hơn, vùng hàn điện trở có độ cứng từ Hv160 đến 240, và cấu trúc của vùng hàn điện trở là bainit, ferit hạt mịn, và peclit hoặc ferit hạt mịn và bainit.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ ống thép hàn điện trở được cuộn để làm đường ống, mà là ống thép hàn điện trở trong đó, trong tổ chức tế vi kim tương của phần trung tâm theo hướng độ dày thành của phần kim loại nền, phần ferit đa giác chiếm từ 60 đến 90%, đường kính hạt tinh thể trung bình là 15 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ hạt tinh thể thô, mà là tỷ lệ diện tích của các hạt tinh thể có đường kính hạt tinh thể 20 μm hoặc lớn hơn, là 20% hoặc nhỏ hơn, và tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống là từ 80 đến 95%.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

PTL 1: Patent chế Nhật Bản số 5293903

PTL 2: Patent chế Nhật Bản số 6260757

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Ống thép hàn điện trở được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 là những ống trong đó các hạt đã được tinh luyện để đảm bảo độ dẻo dai cao. Tuy nhiên, trong trường hợp các hạt được tinh luyện, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tăng lên, và do đó, khó đạt được cả tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao trong trường hợp ống thành dày có độ dày thành lớn hơn 15 mm.

Sáng chế đã được thực hiện dựa trên các tình huống được mô tả ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất ống thép hàn điện trở và phương pháp sản xuất ống thép này; ống thép hàn điện trở có tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao, và do đó, phù hợp với các kết cấu lớn, chẳng hạn như kết cấu tòa nhà kỹ thuật dân dụng và đường ống.

Như được sử dụng trong sáng chế, cụm từ "tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền

thấp" có nghĩa là tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền ($=$ ứng suất chảy (MPa)/độ bền kéo (MPa) $\times 100$) theo hướng trục ống là nhỏ hơn hoặc bằng 90%. Tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 85%.

Như được sử dụng trong sáng chế, cụm từ "độ dẻo dai cao" có nghĩa là năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền lớn hơn hoặc bằng 100 J. Năng lượng hấp thụ Charpy tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 150 J.

Ứng suất chảy, độ bền kéo và năng lượng hấp thụ Charpy có thể được đo bằng các phương pháp được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả sáng chế đã nỗ lực thực hiện các nghiên cứu để giải quyết vấn đề được mô tả ở trên. Kết quả là, sự chú ý tập trung vào thực tế là, liên quan đến sự biến dạng của ống thép hàn điện trở, sự di chuyển của các sai lệch di động gây ra biến dạng dẻo tiến triển ở giai đoạn đầu của biến dạng, tức là ở giai đoạn ứng suất tương đối thấp. Cụ thể, đã phát hiện ra rằng trong số các ống thép hàn điện trở có mật độ sai lệch bằng nhau, những ống có tỷ lệ sai lệch di động cao hơn sẽ có ứng suất chảy thấp hơn. Hơn nữa, cũng phát hiện ra rằng trong trường hợp tấm thép cuộn cán nóng được tạo hình cuộn ở nhiệt độ thấp, sự chuyển động của các sai lệch đã được đưa vào các hạt bị ức chế, và do đó, các sai lệch vẫn còn trong các hạt dưới dạng sai lệch di động, mà không tạo ra các ô mạng.

Người ta thấy rằng trong các trường hợp mà các sai lệch di động vẫn còn trong các hạt với các sai lệch di động được kiểm soát trong phạm vi thích hợp, ống thép hàn điện trở thu được có tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền giảm và độ dẻo dai được cải thiện ngay cả khi ống thép hàn điện trở là ống có thành dày.

Sáng chế được hoàn thiện dựa trên những phát hiện được mô tả ở trên, và bản chất kỹ thuật của sáng chế như sau.

[1] Ống thép hàn điện trở bao gồm vùng kim loại nền và mối hàn, trong đó:

các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó pha bcc có mặt với tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng

80%, kích thước hạt trung bình là nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm , và trị số A, được xác định bởi phương trình (1), là 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn;

tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống là nhỏ hơn hoặc bằng 90%; và

năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền là lớn hơn hoặc bằng 100 J,

$$A = \varphi / ((\pi \rho / 2)^{1/2} \times b) \dots (1)$$

trong đó φ là tham số biểu thị hệ số làm việc được xác định bởi nhiễu xạ tia X, ρ là mật độ sai lệch (m^{-2}), b là vector Burgers (m) của các sai lệch, và π là tỷ số giữa chu vi của hình tròn với đường kính của hình tròn.

[2] Ống thép hàn điện trở theo [1], trong đó vùng kim loại nền có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng,

C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn, với thành phần cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

[3] Ống thép hàn điện trở theo [2], trong đó thành phần hóa học còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ:

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

[4] Ống thép hàn điện trở theo bất kỳ một trong số từ [1] đến [3], trong đó vùng kim loại nền có độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

[5] Ống thép hàn điện trở theo bất kỳ một trong số từ [1] đến [4], trong đó các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó tổng tỷ lệ thể tích của ferit và bainit lớn hơn hoặc bằng 85%.

[6] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo bất kỳ một trong số từ [1] đến [5], phương pháp bao gồm:

bước cán nóng trong đó vật liệu thép được nung nóng đến nhiệt độ nung là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn, vật liệu thép sau đó được cán nóng bằng cách sử dụng nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô là 850°C hoặc cao hơn và 1150 °C hoặc thấp hơn, nhiệt độ cung cấp cán tinh là 750°C hoặc cao hơn và 900°C hoặc thấp hơn, và tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C là 50% hoặc lớn hơn, để tạo ra tấm cán nóng;

bước làm nguội trong đó tấm cán nóng được làm nguội bằng cách sử dụng tốc độ làm nguội trung bình là 5°C/giây hoặc cao hơn và 30°C/giây hoặc thấp hơn và nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn, mỗi trong số tốc độ làm nguội trung bình và nhiệt độ làm nguội cuối cùng dựa trên nhiệt độ ở phần giữa theo độ dày tấm của tấm cán nóng;

bước cuộn trong đó tấm cán nóng được cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép cán nóng;

bước sản xuất ống trong đó tấm thép cán nóng được đưa vào công đoạn tạo hình

cuộn ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép hình trụ và tấm thép hình trụ được hàn bằng cách hàn điện trở để tạo ra vật liệu ống thép; và

bước định cỡ trong đó vật liệu ống thép được đưa vào công đoạn giảm đường kính ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn để tạo ra ống thép hàn điện trở.

[7] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo [6], trong đó vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng,

C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn, với thành phần cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

[8] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo [7], trong đó thành phần hóa học còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ:

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

[9] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo bất kỳ một trong số từ [6] đến [8], trong đó vùng kim loại nền của ống thép hàn điện trở có độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế có thể đề xuất ống thép hàn điện trở có cả tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao và đề xuất phương pháp sản xuất ống thép này; ống thép hàn điện trở thậm chí có thể là ống có thành dày.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ minh họa mặt cắt ngang của vùng chứa mối hàn của ống thép hàn điện trở, là mặt cắt ngang theo hướng chu vi ống (mặt cắt ngang vuông góc với hướng trục ống).

Mô tả chi tiết sáng chế

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế bao gồm vùng kim loại nền và mối hàn (mối hàn điện trở) kéo dài theo hướng trục ống. Theo sáng chế, các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó pha bcc có mặt trong tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng 80%, kích thước hạt trung bình nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm và trị số A, được xác định theo phương trình (1), là 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn; tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống nhỏ hơn hoặc bằng 90%; và năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền lớn hơn hoặc bằng 100 J.

$$A = \varphi / ((\pi\rho/2)^{1/2} \times b) \dots(1)$$

Trong phương trình (1), φ là tham số biểu thị hệ số làm việc được xác định bởi nhiễu xạ tia X, ρ là mật độ sai lệch (m^{-2}), b là vectơ Burgers (m) của các sai lệch, và π là tỷ số giữa chu vi của hình tròn với đường kính của hình tròn.

Đầu tiên, các lý do về những hạn chế đối với các tổ chức tế vi của thép và tính

chất của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả.

Tỷ lệ thể tích của pha Bcc ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền: lớn hơn hoặc bằng 80%

Trong pha bcc (body-centered cubic lattice - mạng lập phương tâm khối), nhiệt độ có ảnh hưởng đến sự di chuyển của các sai lệch lớn hơn so với các pha như fcc (face-centered cubic lattice- mạng lập phương tâm diện) và hcp (hexagonal close-packed structure - cấu trúc lục giác xếp chặt). Theo đó, ở pha bcc, tác dụng của việc giảm nhiệt độ trong việc hạn chế sự di chuyển của các sai lệch là lớn. Nghĩa là, tỷ lệ thể tích của pha bcc càng lớn thì số lượng sai lệch được hạn chế di chuyển trong các trường hợp trong đó sự sản xuất ống thép hàn điện trở được thực hiện ở nhiệt độ thấp càng lớn. Do đó, các sai lệch không có khả năng bị vướng vào nhau, dẫn đến tỷ lệ sai lệch di động cao. Kết quả là, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền bị giảm. Để tạo ra đủ hiệu ứng như vậy, tỷ lệ thể tích của pha bcc được chỉ định phải lớn hơn hoặc bằng 80%. Tỷ lệ thể tích của pha bcc tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 85% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 90%.

Giới hạn trên của tỷ lệ thể tích của pha bcc không được chỉ định cụ thể. Tuy nhiên, để có được tổ chức tế vi đơn pha bcc đòi hỏi phải thực hiện làm nguội nhanh trên tấm thép sau khi cán nóng, và do đó, rất khó để tránh hoàn toàn các pha khác với pha bcc ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền. Theo đó, tỷ lệ thể tích của pha bcc tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 98% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 97%. Phần còn lại, ngoài pha bcc, là pha fcc hoặc xementit, và tỷ lệ thể tích của phần còn lại tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 20%.

Phép đo tỷ lệ thể tích của pha bcc được thực hiện bằng nhiễu xạ tia X như sẽ được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế. Mẫu thử sẽ được sử dụng để đo các tổ chức tế vi của thép được chuẩn bị như sau. Mặt cắt ngang của vùng kim loại nền được đánh bóng gương, mặt cắt ngang nằm ở vị trí 90° theo hướng chu vi của ống so với vị trí của mỗi hàn mà được giả định là 0° và song song với cả hai hướng dọc ống và hướng độ dày thành, và sau đó, vùng 100 μm của mặt cắt ngang được đánh bóng bằng điện phân để loại bỏ lớp bề mặt đã xử lý. Mặt phẳng nhiễu xạ sẽ là mặt phẳng ở phần giữa theo độ dày thành. Bức xạ Mo-K α được sử dụng để đo lường. Tỷ lệ thể tích của pha bcc

được xác định từ cường độ tích phân của các mặt phẳng (200), (220) và (311) của sắt fcc và các mặt phẳng (200) và (211) của sắt bcc. Hơn nữa, tỷ lệ thể tích của pha fcc cũng được xác định.

Kích thước hạt trung bình của hạt ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền: nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm

Theo sáng chế, các hạt được định nghĩa là các vùng được bao quanh bởi các ranh giới có góc lệch hướng bằng 15° hoặc lớn hơn đối với các tinh thể liền kề. Nếu kích thước hạt trung bình của các hạt ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền lớn hơn 15,0 μm , thì tổng diện tích của các ranh giới hạt, mà gây trở ngại cho sự lan truyền vết nứt, là nhỏ và do đó, không thể đạt được độ dẻo dai cao mà sáng chế dự định. Theo đó, kích thước hạt trung bình được quy định là nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm . Kích thước hạt trung bình tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 10,0 μm và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 8,0 μm . Lưu ý rằng kích thước hạt trung bình càng nhỏ thì tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền càng lớn, và do đó, tốt hơn là kích thước hạt trung bình là lớn hơn hoặc bằng 2,0 μm . Kích thước hạt trung bình tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 3,0 μm .

Kích thước hạt trung bình là đường kính tương đương tròn trung bình của hạt, trong đó hạt (nghĩa là ranh giới hạt) được định nghĩa là vùng được bao quanh bởi các ranh giới có góc lệch hướng là 15° hoặc lớn hơn đối với các tinh thể lân cận. Đường kính tương đương tròn (tức là cỡ hạt) là đường kính của hình tròn có diện tích bằng diện tích của hạt quan tâm.

Phép đo kích thước hạt trung bình có thể được thực hiện bằng phương pháp được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế. Mẫu thử được chuẩn bị như sau: mặt cắt ngang của vùng kim loại nền được đánh bóng gương, mặt cắt ngang ở vị trí 90° theo hướng chu vi ống so với vị trí của mối hàn, mà được giả định là 0° , và song song với cả hướng dọc ống và hướng độ dày thành. Biểu đồ cột phân bố kích thước hạt ở phần giữa theo độ dày thành của mẫu thử được tính toán bằng cách sử dụng phương pháp SEM/EBSD (biểu đồ cột là biểu đồ trong đó trục hoành thể hiện kích thước hạt và trục tung thể hiện tỷ lệ phong phú đối với các kích thước hạt khác nhau). Giá trị trung bình cộng của kích thước hạt được xác định là kích thước hạt trung bình. Các điều kiện cho

phép đo bao gồm điện áp gia tốc 15 kV, vùng đo $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$ và kích thước bước đo (độ phân giải phép đo) là $0,5\ \mu\text{m}$. Lưu ý rằng trong phân tích kích thước hạt, các hạt có kích thước hạt nhỏ hơn $2,0\ \mu\text{m}$ được coi là nhiễu đo lường và bị loại khỏi đối tượng phân tích.

Trị số A: 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn

Trị số A là tham số tương quan với trạng thái phân bố của các sai lệch và có thể được xác định theo phương trình (1), được thể hiện ở trên.

Phương trình (1) là phương trình thể hiện mối quan hệ giữa ϕ , ρ và b ; ϕ là tham số thể hiện hệ số làm việc được xác định bằng nhiễu xạ tia X, ρ là mật độ sai lệch (m^{-2}) và b là vector Burgers (m) của các sai lệch (Tài liệu tham khảo 3).

Các trị số A càng lớn cho thấy sự phân bố của các sai lệch được đưa vào hạt càng đồng đều hơn, số lượng sai lệch đã tạo ra các ô mạng càng ít, và có xu hướng tạo ra tỷ lệ sai lệch cao hơn tồn tại dưới dạng sai lệch di động trong các hạt càng lớn.

Các sai lệch mà đã tạo ra các ô mạng vướng vào nhau, và do đó, làm cho đòi hỏi ứng suất cao để các sai lệch di chuyển. Mặt khác, các sai lệch di động có thể di chuyển dưới ứng suất thấp so với sai lệch đã tạo ra ô mạng. Theo đó, số lượng sai lệch di động càng nhiều (tức là tỷ lệ sai lệch di động càng cao) trong hạt, thì ứng suất cần thiết để bắt đầu biến dạng dẻo càng thấp, và do đó đạt được tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp. Hơn nữa, số lượng sai lệch di động trong hạt càng nhiều thì mức độ biến dạng dẻo được thúc đẩy ở đầu vết nứt càng cao; do đó, các vết nứt theo thời gian có khả năng xảy ra hơn, và do đó đạt được độ dẻo dai cao. Vì những lý do này, điều quan trọng là phương trình (1), được thể hiện ở trên, được thỏa mãn theo sáng chế.

Người ta đã phát hiện ra rằng trong trường hợp ống thép hàn điện trở của giải pháp kỹ thuật có liên quan trong đó các sai lệch đã tạo ra các ô mạng, trị số A được xác định bởi phương trình (1), được thể hiện ở trên, nhỏ hơn 0,55. Theo đó, theo sáng chế, trị số A được quy định là lớn hơn hoặc bằng 0,55 để đảm bảo đủ số lượng sai lệch di động để đạt được tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mong muốn. Trị số A càng lớn càng tốt. Tuy nhiên, việc tăng trị số A đòi hỏi quá trình sản xuất ống phải được thực hiện

ở nhiệt độ thấp hơn. Theo đó, trị số A được chỉ định nhỏ hơn hoặc bằng 0,85, từ quan điểm tăng tải sản xuất ống do tăng khả năng chống biến dạng, kiểm soát nhiệt độ cho hệ thống thủy lực và tương tự, và chi phí làm nguội. Trị số A tốt nhất là 0,60 hoặc lớn hơn và 0,80 hoặc nhỏ hơn. trị số A tốt hơn là 0,61 hoặc lớn hơn và 0,78 hoặc nhỏ hơn.

Lưu ý rằng trị số A có thể được kiểm soát nằm trong phạm vi nêu trên bằng cách kiểm soát các điều kiện sản xuất ((nhiệt độ cho) bước sản xuất ống và bước giảm đường kính), mà sẽ được mô tả sau.

Đối với phương trình (1), được thể hiện ở trên, mật độ sai lệch ρ , tham số ϕ và vector Burgers b có thể được xác định bằng các phương pháp được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế.

Liên quan đến mật độ sai lệch ρ , nhiễu xạ tia X sẽ được thực hiện, và mẫu thử sẽ được sử dụng được chuẩn bị như sau. Mặt cắt ngang của vùng kim loại nền mà song song với cả hướng dọc ống và hướng độ dày thành được đánh bóng gương, và sau đó, vùng 100 μm của mặt cắt ngang được đánh bóng bằng điện phân để loại bỏ lớp bề mặt đã xử lý. Mặt phẳng nhiễu xạ sẽ là mặt phẳng ở phần giữa theo độ dày thành. Mật độ sai lệch ρ có thể được xác định từ các kết quả, bằng cách sử dụng phương pháp Williamson-Hall điều chỉnh và phương pháp Warren-Averbach điều chỉnh (Tài liệu tham khảo 1 và 2). Tham số ϕ có thể được xác định từ các kết quả nhiễu xạ tia X, bằng cách sử dụng phương pháp Williamson-Hall điều chỉnh/khớp trực tiếp (Tài liệu tham khảo 3). Vector Burgers b có thể được chỉ định là $0,248 \times 10^{-9} \text{ m}$, là khoảng cách nguyên tử của sắt bcc trong $\langle 111 \rangle$, mà đây là hướng trượt của nó.

[Tài liệu tham khảo 1] T. Ungar and A. Borbely: Appl. Phys. Lett., 69 (1996), 3173.

[Tài liệu tham khảo 2] M. Kumagai, M. Imafuku, S. Ohya: ISIJ International, 54 (2014), 206.

[Tài liệu tham khảo 3] S. Takaki, T. Masumura and T. Tsuchiyama: ISIJ International, 59 (2019), 567.

Tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống: nhỏ hơn hoặc bằng

90%

Trong ống thép hàn điện trở theo sáng chế, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền ($= \text{ứng suất chảy (MPa)} / \text{độ bền kéo (MPa)} \times 100$) của vùng kim loại nền theo hướng trục ống nhỏ hơn hoặc bằng 90%, trong đó tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền ở vị trí 90° theo hướng chu vi ống so với vị trí của mỗi hàn, được giả định là 0° . Nếu tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền lớn hơn 90%, khả năng chống địa chấn liên quan đến việc sử dụng trong các chi tiết cột và tương tự của các kết cấu tòa nhà kỹ thuật dân dụng và khả năng chống địa chấn và khả năng chống oằn liên quan đến việc sử dụng trong các đường ống sẽ giảm xuống. Tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 87% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 86%. Tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 55%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 65%, và thậm chí tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 75%, để đảm bảo ứng suất thử kéo cần thiết.

Năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền: lớn hơn hoặc bằng 100 J

Trong ống thép hàn điện trở theo sáng chế, năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền là lớn hơn hoặc bằng 100 J. Nếu năng lượng hấp thụ Charpy nhỏ hơn 100 J, khả năng chống địa chấn liên quan đến việc sử dụng trong các chi tiết cột và tương tự của các kết cấu tòa nhà kỹ thuật dân dụng và với việc sử dụng trong các đường ống sẽ giảm xuống. Năng lượng hấp thụ Charpy tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 150 J và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 160 J. Hơn nữa, khi năng lượng hấp thụ của Charpy cao, kích thước hạt trung bình nhỏ, và tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao; do đó, năng lượng hấp thụ Charpy tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 500 J và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 400 J.

Ứng suất chảy, độ bền kéo và tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền cao có thể được xác định bằng cách tiến hành thử nghiệm độ bền kéo theo các thông số kỹ thuật của Bộ tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản số JIS Z 2241, như sẽ được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế. Năng lượng hấp thụ Charpy có thể được xác định bằng cách tiến hành thử nghiệm va đập Charpy ở nhiệt độ thử nghiệm -40°C trên mẫu thử được cắt

rãnh chữ V tiêu chuẩn theo các thông số kỹ thuật của bộ tiêu chuẩn JIS Z 2242, như sẽ được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế.

Các tính chất của ống thép hàn điện trở theo sáng chế đạt được là kết quả của sự có mặt của các tổ chức tế vi của thép được mô tả ở trên. Các tổ chức tế vi của thép theo sáng chế có thể có thêm tính năng sau đây để cải thiện hơn nữa tính chất.

Trong các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền, tốt hơn là tổng tỷ lệ thể tích của ferit và bainit lớn hơn hoặc bằng 85% dựa trên tổng thể tích của các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền. Các tổ chức tế vi còn lại, ngoài ferit và bainit, được hình thành từ một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ peclit, mactenxit và auxtenit. Tốt hơn là, tổng tỷ lệ thể tích của các tổ chức tế vi còn lại là nhỏ hơn hoặc bằng 15%.

Ferit là pha bcc và là tổ chức tế vi mềm. Bainit là pha bcc và cứng hơn ferit và mềm hơn peclit, mactenxit và auxtenit. Bainit là tổ chức tế vi với độ dẻo dai tuyệt vời. Trong trường hợp ferit và bainit được trộn lẫn với tổ chức tế vi cứng, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền bị giảm. Tuy nhiên, sự khác biệt về độ cứng gây ra sự tập trung ứng suất, làm tăng khả năng các giao diện trở thành các vị trí bắt đầu nứt vỡ, và kết quả là độ dẻo dai bị giảm xuống. Theo đó, tốt hơn là tổng tỷ lệ thể tích của ferit và bainit lớn hơn hoặc bằng 85%. Tốt hơn nữa là, tổng tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng 90%. Hơn nữa, tổng tỷ lệ thể tích tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 98% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 97%.

Peclit là tổ chức tế vi kép của pha bcc và xementit, và mactenxit là pha bcc. Cả hai đều là các tổ chức tế vi cứng. Ở đây, peclit được coi là pha bcc để tính gần đúng. Peclit là tổ chức tế vi mà, khi trộn với tổ chức tế vi mềm, sẽ làm giảm tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền nhưng lại là tổ chức tế vi làm giảm độ dẻo dai. Theo đó, tốt hơn là tỷ lệ thể tích của peclit là 0% hoặc lớn hơn và 15% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn nữa là tỷ lệ thể tích của peclit là 1% hoặc lớn hơn và 13% hoặc nhỏ hơn.

Mactenxit là tổ chức tế vi mà, khi trộn với tổ chức tế vi mềm, sẽ làm giảm tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền nhưng lại là tổ chức tế vi làm giảm độ dẻo dai. Theo đó,

tốt hơn là tỷ lệ thể tích của mactenxit là 0% hoặc lớn hơn và 15% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn nữa là tỷ lệ thể tích của mactenxit là 1% hoặc lớn hơn và 13% hoặc nhỏ hơn.

Auxtenit là pha fcc và là tổ chức tế vi cứng. Auxtenit là tổ chức tế vi mà, khi trộn với tổ chức tế vi mềm, sẽ làm giảm tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền nhưng lại là tổ chức tế vi làm giảm độ dẻo dai. Theo đó, tốt hơn là tỷ lệ thể tích của auxtenit là 0% hoặc lớn hơn và 10% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn nữa là tỷ lệ thể tích của auxtenit là 1% hoặc lớn hơn và 8% hoặc nhỏ hơn.

Các tổ chức tế vi được mô tả ở trên không phải là auxtenit được hình thành từ các dải biến dạng tại ranh giới hạt auxtenit hoặc trong các hạt auxtenit, với các dải biến dạng đóng vai trò là vị trí tạo mầm. Trong quá trình cán nóng, sự giảm độ dày do cán ở nhiệt độ thấp mà tại đó sự tái kết tinh của auxtenit khó có thể xảy ra có thể tăng lên. Trong trường hợp này, một lượng lớn các sai lệch có thể được đưa vào auxtenit, mà có thể tinh luyện auxtenit và có thể đưa một lượng lớn các dải biến dạng vào các hạt. Kết quả là, diện tích của các vị trí tạo mầm tăng lên, làm tăng tần suất tạo mầm, và do đó, có thể tinh chỉnh các tổ chức tế vi của thép.

Theo sáng chế, các tổ chức tế vi của thép được mô tả ở trên có thể có mặt trong vùng mở rộng $\pm 1,0$ mm từ phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền, mà được giả định là tâm, theo hướng độ dày thành, và trong trường hợp này cũng vậy, tác dụng được mô tả ở trên cũng có thể được tạo ra. Theo đó, theo sáng chế này, cụm từ "các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền" có nghĩa là các tổ chức tế vi của thép được mô tả ở trên có mặt tại bất kỳ vị trí nào trong vùng mở rộng $\pm 1,0$ mm từ phần giữa theo độ dày thành, mà được giả định là tâm, theo hướng độ dày thành.

Các tổ chức tế vi của thép có thể được quan sát bằng phương pháp được mô tả sau trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế. Đầu tiên, mẫu thử để quan sát tổ chức tế vi được chuẩn bị như sau. Mảnh được cắt sao cho bề mặt được quan sát là mặt cắt ngang của vùng kim loại nền ở vị trí 90° theo hướng chu vi của ống so với vị trí của mối hàn, mà được giả định là 0° , và vuông góc với hướng dọc ống, và sao cho bề mặt là mặt cắt ngang ở phần giữa theo độ dày thành. Mảnh này sau đó được đánh bóng và sau đó được

khắc mòn bằng nital. Việc quan sát tổ chức tế vi được thực hiện bằng cách quan sát các tổ chức tế vi ở phần giữa theo độ dày thành và chụp ảnh của các tổ chức tế vi, bằng kính hiển vi quang học (độ phóng đại: $1000\times$) hoặc kính hiển vi điện tử quét (SEM, độ phóng đại: $1000\times$). Tiếp theo, từ hình ảnh hiển vi quang học hoặc hình ảnh SEM thu được, các tỷ lệ diện tích của bainit và phần còn lại (ferit, peclit, mactenxit và auxtenit) được xác định. Tỷ lệ diện tích của mỗi tổ chức tế vi được xác định như sau: quan sát được thực hiện trên 5 trường quan sát hoặc nhiều hơn, và trị số trung bình của các giá trị thu được của các trường quan sát được tính là tỷ lệ diện tích. Lưu ý rằng theo sáng chế, mỗi tỷ lệ diện tích được xác định bằng cách quan sát tổ chức tế vi được coi là tỷ lệ thể tích của mỗi tổ chức tế vi.

Ferit là sản phẩm được tạo ra bởi quá trình chuyển biến khuếch tán và là tổ chức tế vi được phục hồi đáng kể với mật độ sai lệch thấp. Ferit bao gồm ferit đa giác và ferit bán đa giác.

Bainit là tổ chức tế vi nhiều pha được hình thành từ ferit dạng dải hẹp mỏng có mật độ sai lệch cao, và xementit.

Peclit là tổ chức tế vi cùng tích được hình thành từ sắt và sắt cacbua (ferit + xementit) và là tổ chức tế vi dạng phiến trong đó ferit tuyến tính và xementit nằm xen kẽ nhau.

Mactenxit là pha bcc và tổ chức tế vi chuyển biến theo nhiệt độ thấp dạng dải mỏng hẹp với mật độ sai lệch rất cao. Trong ảnh SEM, mactenxit cho thấy độ tương phản sáng so với ferit và bainit.

Lưu ý rằng vì rất khó để phân biệt mactenxit với auxtenit trong hình ảnh hiển vi quang học và ảnh SEM, nên tỷ lệ thể tích của mactenxit được xác định như sau: tỷ lệ diện tích của các tổ chức tế vi được xác định là mactenxit hoặc auxtenit khi quan sát ảnh SEM thu được được đo lại, sau đó, tỷ lệ thể tích của auxtenit, được đo bằng phương pháp được mô tả dưới đây, được trừ đi từ giá trị đo được của tỷ lệ diện tích, và trị số thu được được chỉ định là tỷ lệ thể tích của mactenxit.

Phép đo tỷ lệ thể tích của auxtenit được thực hiện bằng nhiễu xạ tia X bằng cách

sử dụng mẫu thử được chuẩn bị theo cách tương tự như mẫu thử được sử dụng trong phép đo mật độ sai lệch. Từ các cường độ tích phân thu được của các mặt phẳng (200), (220) và (311) của sắt fcc và các mặt phẳng (200) và (211) của sắt bcc, tỷ lệ thể tích của auxtenit được xác định.

Bây giờ, liên quan đến thành phần hóa học của ống thép hàn điện trở theo sáng chế, phạm vi ưu tiên và lý do cho những giới hạn, về mặt đảm bảo các đặc tính, các tổ chức tế vi của thép, v.v., sẽ được mô tả.

Lý do cho các giới hạn về thành phần hóa học của vùng kim loại nền của ống thép hàn điện trở sẽ được mô tả. Lưu ý rằng trong bản mô tả sáng chế, "%" được sử dụng trong bối cảnh thành phần của thép là "% khối lượng" trừ khi có quy định khác.

Tốt hơn là vùng kim loại nền theo sáng chế có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng, C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, N: 0,010% hoặc nhỏ hơn và Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn, với thành phần cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn

C là nguyên tố làm tăng độ bền của thép thông qua việc tăng cường dung dịch rắn. Hơn nữa, C là nguyên tố làm giảm nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit, nhờ đó góp phần tinh chỉnh các tổ chức tế vi. Để tạo ra các tác dụng như vậy, C cần được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,001%. Hơn nữa, C thúc đẩy sự hình thành của pearlit, tăng độ cứng để góp phần hình thành mactenxit, và góp phần ổn định auxtenit. Theo đó, C cũng là nguyên tố góp phần hình thành pha cứng. Nếu hàm lượng C lớn hơn 0,30%, tỷ lệ pha cứng tăng lên, làm giảm độ dẻo dai, và khả năng hàn cũng bị suy giảm. Theo đó, hàm lượng C được quy định là 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,010% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,040%. Ngoài ra, hàm lượng C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,27% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,25%.

Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn

Si là nguyên tố làm tăng độ bền của thép thông qua việc tăng cường dung dịch rắn. Để tạo ra hiệu quả như vậy, Si được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Si lớn hơn 2,0%, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền sẽ tăng lên, và độ dẻo dai bị giảm xuống. Theo đó, hàm lượng Si được quy định là 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Si tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn

Mn là nguyên tố làm tăng độ bền của thép thông qua việc tăng cường dung dịch rắn. Hơn nữa, Mn là nguyên tố làm giảm nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit, nhờ đó góp phần tinh chỉnh các tổ chức tế vi của thép. Để tạo ra các tác dụng như vậy, Mn cần được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,20%. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Mn lớn hơn 3,0%, thì việc tăng cường dung dịch rắn và tinh chỉnh các tổ chức tế vi của thép dẫn đến sự gia tăng ứng suất chảy, và do đó, không thể đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo dự kiến của sáng chế. Theo đó, hàm lượng Mn được quy định là 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,40% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,60%. Ngoài ra, hàm lượng Mn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%.

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn

P phân tách tại các ranh giới hạt và gây ra tính không đồng nhất trong vật liệu, và do đó, tốt hơn là P được giảm càng nhiều càng tốt để có mặt dưới dạng tạp chất ngẫu nhiên; tuy nhiên, cho phép lên đến 0,050% P. Theo đó, hàm lượng P được quy định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%. Hàm lượng P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Giới hạn dưới của hàm lượng P không bị giới hạn cụ thể; tuy nhiên, việc giảm P quá mức dẫn đến tăng chi phí luyện kim, và do đó, hàm lượng P tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,002%.

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn

S thường tồn tại ở dạng MnS trong thép. Khi trải qua công đoạn cán nóng, MnS bị kéo dài trở nên mỏng gây ảnh hưởng xấu đến độ dẻo. Theo đó, theo sáng chế, tốt nhất là S được giảm xuống nhiều nhất có thể; tuy nhiên, cho phép tới 0,020% S. Theo đó, hàm lượng S được quy định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%. Hàm lượng S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,008%. Giới hạn dưới của hàm lượng S không bị giới hạn cụ thể; tuy nhiên, việc giảm S quá mức dẫn đến tăng chi phí luyện kim, và do đó, hàm lượng S tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,0002%.

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn

Al là nguyên tố đóng vai trò là tác nhân khử oxy mạnh. Để tạo ra các tác dụng như vậy, Al cần được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Al lớn hơn 0,10%, khả năng hàn bị suy giảm, và các chất lẫn gốc nhôm tăng lên, dẫn đến chất lượng bề mặt bị suy giảm. Hơn nữa, độ dẻo dai của mối hàn bị giảm. Theo đó, hàm lượng Al được quy định là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,010% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,015%. Hàm lượng Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,080% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,070%.

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn

N là tạp chất ngẫu nhiên và là nguyên tố có tác dụng làm giảm độ dẻo dai bằng cách cố định vững chắc sự di chuyển sai lệch. Theo sáng chế, mong muốn rằng N được giảm càng nhiều càng tốt để chỉ có mặt dưới dạng tạp chất; tuy nhiên, cho phép hàm lượng N lên tới 0,010%. Theo đó, hàm lượng N được quy định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng N tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0080%. Từ quan điểm về chi phí tinh luyện, tốt hơn là hàm lượng N lớn hơn hoặc bằng 0,0008%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng N lớn hơn hoặc bằng 0,0010%.

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn

Ti là nguyên tố tạo ra cacbua và nitrua mịn trong thép, nhờ đó góp phần nâng cao độ bền của thép. Hơn nữa, Ti có ái lực cao với N, và do đó, tạo ra nitrua với N trong thép, nhờ đó khiến N trở nên vô hại. Theo đó, Ti cũng là nguyên tố góp phần nâng cao

độ dẻo dai của thép. Tốt hơn là Ti được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,001% để tạo ra hiệu quả. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Ti lớn hơn 0,15%, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền sẽ tăng lên, và độ dẻo dai bị giảm xuống. Theo đó, hàm lượng Ti được quy định là nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Hàm lượng Ti tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,008%. Hàm lượng Ti tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,13% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%.

Thành phần cân bằng, ngoài các thành phần được mô tả ở trên, là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên. Lưu ý rằng O có thể xuất hiện dưới dạng tạp chất ngẫu nhiên với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%. Như được đề cập ở đây, O là tổng lượng oxy, bao gồm O có mặt ở dạng oxit.

Theo sáng chế, tốt hơn là thành phần hóa học cơ bản được tạo ra từ các thành phần được mô tả ở trên. Theo sáng chế, để cải thiện hơn nữa các đặc tính, nếu cần, có thể bao gồm thêm một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn, V: 0,15% hoặc nhỏ hơn, Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn và B: 0,010% hoặc nhỏ hơn, ngoài các thành phần cơ bản được mô tả ở trên.

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Cu là nguyên tố làm tăng độ bền của thép thông qua việc tăng cường dung dịch rắn. Theo đó, Cu có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong trường hợp Cu được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Cu lớn hơn hoặc bằng 0,01% để đem lại hiệu quả. Mặt khác, nếu Cu được bao gồm với lượng lớn hơn 1,0%, độ dẻo dai có thể bị giảm, và khả năng hàn có thể bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp Cu được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Cu nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%. Hàm lượng Cu tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Cu tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,70% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Ni là nguyên tố làm tăng độ bền của thép thông qua việc tăng cường dung dịch rắn. Theo đó, Ni có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong trường hợp Ni được bao gồm,

tốt hơn là hàm lượng Ni lớn hơn hoặc bằng 0,01% để đem lại hiệu quả. Mặt khác, nếu Nu được bao gồm với lượng lớn hơn 1,0%, độ dẻo dai có thể bị giảm, và khả năng hàn có thể bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp Ni được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Ni nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%. Hàm lượng Ni tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Ni tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,70% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Cr là nguyên tố làm tăng độ cứng của thép, nhờ đó làm tăng độ bền của thép. Theo đó, Cr có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong trường hợp Cr được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Cr lớn hơn hoặc bằng 0,01% để đem lại hiệu quả. Mặt khác, nếu Cr được bao gồm với lượng lớn hơn 1,0%, độ dẻo dai có thể bị giảm, và khả năng hàn có thể bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp Cr được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Cr nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%. Hàm lượng Cr tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Cr tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,70% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Mo là nguyên tố làm tăng độ cứng của thép, nhờ đó làm tăng độ bền của thép. Theo đó, Mo có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong trường hợp Mo được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Mo lớn hơn hoặc bằng 0,01% để đem lại hiệu quả. Mặt khác, nếu Mo được bao gồm với lượng lớn hơn 1,0%, độ dẻo dai có thể bị giảm, và khả năng hàn có thể bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp Mo được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Mo nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%. Hàm lượng Mo tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Mo tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,70% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Nb là nguyên tố tạo cacbua và nitrua mịn trong thép, nhờ đó góp phần nâng cao độ bền của thép, đồng thời Nb cũng là nguyên tố ức chế sự hóa thô của auxtenit trong quá trình cán nóng, từ đó góp phần tinh chỉnh các tổ chức tế vi. Theo đó, Nb có thể được

bao gồm khi cần thiết. Trong các trường hợp Nb được bao gồm, tốt hơn là Nb được bao gồm với số lượng lớn hơn hoặc bằng 0,002% để đem lại hiệu quả. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Nb lớn hơn 0,15%, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền sẽ tăng lên, và độ dẻo dai bị giảm xuống. Theo đó, trong trường hợp Nb được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Nb nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Hàm lượng Nb tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng Nb tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,13% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%.

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

V là nguyên tố tạo ra cacbua và nitrua mịn trong thép, nhờ đó góp phần nâng cao độ bền của thép. Theo đó, V có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong các trường hợp V được bao gồm, tốt hơn là V được bao gồm với số lượng lớn hơn hoặc bằng 0,002% để đem lại hiệu quả. Tuy nhiên, nếu hàm lượng V lớn hơn 0,15%, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền sẽ tăng lên, và độ dẻo dai bị giảm xuống. Theo đó, trong trường hợp V được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng V nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Hàm lượng V tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng V tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,13% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%.

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

Ca cầu hóa các sunfua, chẳng hạn như MnS, mà được kéo dài để trở nên mỏng trong bước cán nóng, và do đó, Ca là nguyên tố góp phần cải thiện độ dẻo dai của thép. Theo đó, Ca có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong các trường hợp Ca được bao gồm, tốt hơn là Ca được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0005% để đem lại hiệu quả. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Ca lớn hơn 0,010%, các cụm oxit Ca được tạo ra trong thép, dẫn đến độ dẻo dai bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp Ca được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng Ca nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng Ca tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0008% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Ngoài ra, hàm lượng Ca tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,008% và thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%.

B: 0,010% hoặc nhỏ hơn (và 0% hoặc lớn hơn)

B là nguyên tố làm giảm nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit, nhờ đó góp phần tinh chỉnh các tổ chức tế vi. Theo đó, B có thể được bao gồm khi cần thiết. Trong các trường hợp B được bao gồm, tốt hơn là B được bao gồm với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,0003% để đem lại hiệu quả. Tuy nhiên, nếu hàm lượng B lớn hơn 0,010%, tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền sẽ tăng lên, dẫn đến độ dẻo dai bị suy giảm. Theo đó, trong trường hợp B được bao gồm, tốt hơn là hàm lượng B nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng B tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0008%. Hàm lượng B tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, thậm chí tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0020%.

Trong ống thép hàn điện trở theo sáng chế, tốt hơn là vùng kim loại nền có độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn, vì trong trường hợp này, ống thép hàn điện trở có thể được sử dụng phù hợp, cụ thể là, trong các kết cấu lớn, chẳng hạn như kết cấu tòa nhà kỹ thuật dân dụng và đường ống. Xét về tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao, tốt hơn là độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 25 mm hoặc nhỏ hơn. Như đã mô tả ở trên, với sáng chế, có thể đạt được cả tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao ngay cả trong ống thành dày có độ dày thành lớn hơn 15 mm. Do đó, trong trường hợp ống thép hàn điện trở theo sáng chế được sử dụng trong các kết cấu lớn, sẽ cho khả năng chống oằn tuyệt vời. Ngoài ra, vì những lý do tương tự, tốt hơn là ống thép hàn điện trở theo sáng chế có đường kính ngoài là 350 mm hoặc lớn hơn và 750 mm hoặc nhỏ hơn. Về tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp và độ dẻo dai cao, tốt hơn là đường kính ngoài là 400 mm hoặc lớn hơn và 750 mm hoặc nhỏ hơn.

Bây giờ, phương án về phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả.

Theo sáng chế, ống thép hàn điện trở được sản xuất như sau. Vật liệu thép có thành phần hóa học được mô tả ở trên được nung nóng đến nhiệt độ nung là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn; sau đó, vật liệu thép được cán nóng bằng cách sử dụng nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô là 850°C hoặc cao hơn và 1150°C hoặc thấp

hơn, nhiệt độ cung cấp cán tinh là 750°C hoặc cao hơn và 900°C hoặc thấp hơn, và tỷ lệ giảm độ dày do cán tổng cộng gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C là 50% hoặc lớn hơn, để tạo ra tấm cán nóng (nghĩa là bước cán nóng); sau đó, tấm cán nóng được làm nguội bằng cách sử dụng tốc độ làm nguội trung bình là $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn và $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn và nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn, mỗi trong số tốc độ làm nguội trung bình và nhiệt độ làm nguội cuối cùng dựa trên nhiệt độ ở phần giữa theo độ dày tấm của tấm cán nóng (tức là, bước làm nguội); sau đó, tấm cán nóng đã nguội được cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép cán nóng (tức là, bước cuộn); sau đó, tấm thép cán nóng được tạo hình cuộn ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép hình trụ, và tấm thép hình trụ được hàn bằng cách hàn điện trở để tạo ra vật liệu ống thép (tức là, bước sản xuất ống); và sau đó, vật liệu ống thép được đưa vào công đoạn giảm đường kính ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn (tức là, bước định cỡ).

Trong phần mô tả phương pháp sản xuất sau đây, nhiệt độ được biểu thị bằng $^{\circ}\text{C}$ là nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép, thép tấm (tấm cán nóng) và vật liệu ống thép trừ khi có quy định khác. Nhiệt độ bề mặt có thể được đo bằng nhiệt kế bức xạ hoặc tương tự. Nhiệt độ của phần giữa theo độ dày tấm của tấm thép có thể được xác định bằng cách tính toán sự phân bố nhiệt độ của mặt cắt ngang của tấm thép bằng phân tích truyền nhiệt và hiệu chỉnh kết quả với nhiệt độ bề mặt của tấm thép. "Tấm thép cán nóng" bao gồm cả tấm thép cán nóng và dải thép cán nóng.

Theo sáng chế, quy trình luyện thép để chuẩn bị vật liệu thép (phôi tấm thép) không bị giới hạn cụ thể và quy trình sản xuất thép đã biết bất kỳ, chẳng hạn như quy trình sử dụng lò chuyển, lò điện, lò nấu chảy chân không, hoặc tương tự, đều có thể được sử dụng. Các quy trình đúc cũng không bị giới hạn cụ thể và quy trình đúc đã biết bất kỳ, chẳng hạn như quy trình đúc liên tục, có thể được sử dụng để sản xuất vật liệu thép có kích thước mong muốn. Lưu ý rằng thay vì quy trình đúc liên tục, quy trình đúc thổi-tạo thổi có thể được sử dụng, và điều này không gây ra vấn đề gì. Thép nóng chảy có thể tiếp tục được tinh luyện thứ cấp, chẳng hạn như tinh luyện trong thùng chứa.

[Bước cán nóng]

Nhiệt độ nung: 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn

Nếu nhiệt độ nung thấp hơn 1100°C, vật liệu cán cán có khả năng chống biến dạng cao, gây khó khăn cho việc cán. Mặt khác, nếu nhiệt độ nung lớn hơn 1300°C, các hạt auxtenit trở nên thô, điều này khiến cho không thể thu được các hạt auxtenit mịn bằng cách cán (cán thô và cán tinh) được thực hiện sau đó, và kết quả là, việc đảm bảo kích thước hạt trung bình của các tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở theo sáng chế là khó khăn. Theo đó, nhiệt độ nung cho bước cán nóng được quy định là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ nung tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1120°C. Ngoài ra, nhiệt độ nung tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 1280°C.

Theo sáng chế, quy trình được thực hiện sau khi sản xuất phôi tấm thép (phôi tấm) có thể là quy trình thông thường trong đó phôi tấm được làm nguội đến nhiệt độ phòng và sau đó được nung nóng lại hoặc có thể là quy trình tiết kiệm năng lượng, chẳng hạn như cán ủ nóng trong đó phôi tấm ấm không được làm nguội đến nhiệt độ phòng mà thay vào đó được nạp trực tiếp vào lò nung hoặc được ủ trong thời gian ngắn và sau đó được cán ngay. Việc sử dụng các quy trình như vậy không có vấn đề gì.

Nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô: 850°C hoặc cao hơn và 1150°C hoặc thấp hơn

Nếu nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô thấp hơn 850°C, nhiệt độ bề mặt của tấm thép trở nên thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit trong quá trình cán tinh tiếp theo, và do đó, lượng lớn ferit đã chuyển biến được tạo ra, dẫn đến tăng tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, nếu nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô cao hơn 1150°C, thì không thể đạt được mức giảm độ dày do cán đủ trong phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại của auxtenit, và do đó, không thể thu được các hạt auxtenit mịn. Do đó, việc đảm bảo kích thước hạt trung bình của các tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở theo sáng chế trở nên khó khăn, dẫn đến độ dẻo dai giảm. Nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 860°C. Hơn nữa, nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 1000°C.

Nhiệt độ bắt đầu cán tinh (điều kiện ưu tiên)

Tốt hơn là, nhiệt độ bắt đầu cán tinh là 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp

hơn. Nếu nhiệt độ bắt đầu cán tinh thấp hơn 800°C , nhiệt độ bề mặt của tấm thép trở nên thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit trong quá trình cán tinh, và do đó, lượng lớn ferit đã chuyển biến được tạo ra, dẫn đến tăng tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, nếu nhiệt độ bắt đầu cán tinh lớn hơn 950°C , auxtenit trở nên thô, và các dải biến dạng đầy đủ không thể được đưa vào auxtenit. Do đó, việc đảm bảo kích thước hạt trung bình của các tổ chức tế vi của thép được dự kiến theo sáng chế là khó khăn, dẫn đến độ dẻo dai giảm. Nhiệt độ bắt đầu cán tinh tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 820°C . Hơn nữa, nhiệt độ bắt đầu cán tinh tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 930°C .

Nhiệt độ cung cấp cán tinh: 750°C hoặc cao hơn và 900°C hoặc thấp hơn

Nếu nhiệt độ cung cấp cán tinh thấp hơn 750°C , nhiệt độ bề mặt của tấm thép trở nên thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ bắt đầu chuyển biến ferit trong quá trình cán tinh, và do đó, lượng lớn ferit đã chuyển biến được tạo ra, dẫn đến tăng tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, nếu nhiệt độ cung cấp cán tinh cao hơn 900°C , thì không thể đạt được mức giảm độ dày do cán đủ trong phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại của auxtenit, và do đó, không thể thu được các hạt auxtenit mịn. Do đó, việc đảm bảo kích thước hạt trung bình của các tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở theo sáng chế trở nên khó khăn, dẫn đến độ dẻo dai giảm. Nhiệt độ cung cấp cán tinh tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 770°C . Hơn nữa, nhiệt độ cung cấp cán tinh tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 880°C .

Tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C : 50% hoặc lớn hơn

Theo sáng chế, các hạt phụ trong auxtenit được tinh luyện trong bước cán nóng, để tinh luyện ferit, bainit và các tổ chức tế vi còn lại mà được tạo ra trong bước làm nguội và bước cuộn tiếp theo, và do đó, các tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở mà có độ bền và độ dẻo dai theo dự kiến của sáng chế có thể đạt được. Việc tinh luyện các hạt phụ trong auxtenit ở bước cán nóng đòi hỏi tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại auxtenit cao sao cho ứng suất gia công đủ có thể được đưa vào. Để đạt được điều này, tổng tỷ lệ giảm do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C được quy định là lớn hơn hoặc bằng 50% theo sáng chế hiện

tại.

Nếu tỷ lệ giảm độ dày do cán tổng cộng gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C là nhỏ hơn 50%, thì không thể đưa đủ ứng suất gia công vào trong bước cán nóng, và do đó, các tổ chức tế vi có kích thước hạt trung bình được dự kiến bởi sáng chế không thể đạt được. Tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 55% và thậm chí tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 57%. Giới hạn trên của tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán không bị giới hạn cụ thể; tuy nhiên, nếu tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán lớn hơn 80%, hiệu quả cải thiện độ dẻo dai sẽ trở nên thấp so với tăng tỷ lệ giảm độ dày do cán, điều này chỉ làm tăng tải cho các nhà máy. Theo đó, tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng 80%. Tốt hơn nữa là, tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán nhỏ hơn hoặc bằng 70%.

"Tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C " là tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán sau các lượt cán trong phạm vi nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C .

[Bước làm nguội]

Sau bước cán nóng, tấm cán nóng được làm nguội trong bước làm nguội. Trong bước làm nguội, quá trình làm nguội được thực hiện bằng cách sử dụng tốc độ làm nguội trung bình là $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn và $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn và nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn, tốc độ làm nguội trung bình là mức trung bình trên phạm vi giảm nhiệt độ xuống đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng.

Tốc độ làm nguội trung bình trong phạm vi từ khi bắt đầu làm nguội đến khi kết thúc làm nguội (hoàn thành việc làm nguội): $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn và $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn

Nếu tốc độ làm nguội trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ khi bắt đầu làm nguội đến khi kết thúc làm nguội, mà sẽ được mô tả sau, là thấp hơn $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, dựa trên nhiệt độ ở phần giữa theo độ dày tấm của tấm thép cán nóng, tần suất tạo mầm của ferit hoặc bainit bị giảm, điều này dẫn đến việc làm thô ferit hoặc bainit, và do đó, không thể thu

được các tổ chức tế vi có kích thước hạt trung bình theo dự kiến của sáng chế. Mặt khác, nếu tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, lượng lớn mactenxit được hình thành, dẫn đến giảm độ dẻo dai. Tốc độ làm nguội trung bình tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Ngoài ra, tốc độ làm nguội trung bình tốt nhất là nhỏ hơn hoặc bằng $25^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Theo sáng chế, từ quan điểm ức chế sự hình thành ferit trên bề mặt của tấm thép trước khi được làm nguội, tốt hơn là quá trình làm nguội được bắt đầu ngay sau khi hoàn thành quá trình cán tinh.

Nhiệt độ làm nguội cuối cùng: 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn

Nếu nhiệt độ làm nguội cuối cùng thấp hơn 400°C , dựa trên nhiệt độ ở phần giữa theo độ dày tấm của tấm cán nóng, lượng lớn mactenxit được hình thành, dẫn đến độ dẻo dai giảm. Mặt khác, nếu nhiệt độ làm nguội cuối cùng lớn hơn 650°C , thì tần suất tạo mầm của ferit hoặc bainit bị giảm, điều này dẫn đến sự thô hóa của ferit hoặc bainit, và do đó, các tổ chức tế vi có kích thước hạt trung bình theo dự kiến của sáng chế không thể đạt được. Hơn nữa, nồng độ C trong auxtenit không biến đổi có thể được tạo điều kiện thuận lợi, và kết quả là, tỷ lệ thể tích của auxtenit có thể tăng lên, và do đó, tỷ lệ thể tích của pha bcc có thể được giảm xuống. Nhiệt độ làm nguội cuối cùng tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 430°C . Hơn nữa, nhiệt độ làm nguội cuối cùng tốt nhất là thấp hơn hoặc bằng 620°C .

Theo sáng chế, tốc độ làm nguội trung bình là giá trị (tốc độ làm nguội) được xác định bằng công thức ((nhiệt độ của phần ở giữa theo độ dày tấm của tấm cán nóng trước khi làm nguội - nhiệt độ của phần ở giữa theo độ dày tấm của tấm cán nóng sau khi làm nguội)/thời gian làm nguội) trừ khi có quy định khác. Ví dụ về các phương pháp làm nguội bao gồm làm nguội bằng nước, chẳng hạn như phun nước từ vòi, và làm nguội bằng cách phun khí làm nguội. Theo sáng chế, tốt hơn là thao tác (quy trình) làm nguội được thực hiện trên cả hai bề mặt của tấm cán nóng để cả hai bề mặt của tấm cán nóng có thể được làm nguội trong cùng điều kiện.

[Bước cuộn]

Nhiệt độ cuộn: 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn

Sau bước làm nguội, tấm thép cán nóng được cuộn ở dạng cuộn và sau đó được để nguội tự nhiên, trong bước cuộn. Trong bước cuộn, quá trình cuộn được thực hiện ở nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn khi xem xét các tổ chức tế vi của tấm thép. Nếu nhiệt độ cuộn thấp hơn 400°C, lượng lớn mactenxit được hình thành, dẫn đến độ dẻo dai giảm. Nếu nhiệt độ cuộn cao hơn 650°C, thì tần suất tạo mầm của ferit hoặc bainit bị giảm, điều này dẫn sự thô hóa ferit hoặc bainit, và do đó, không thể thu được các tổ chức tế vi có kích thước hạt trung bình theo dự kiến của sáng chế. Hơn nữa, nồng độ C trong auxtenit không biến đổi có thể được tạo điều kiện thuận lợi, và kết quả là, tỷ lệ thể tích của auxtenit có thể tăng lên, và do đó, tỷ lệ thể tích của pha bcc có thể được giảm xuống. Nhiệt độ cuộn tốt nhất là cao hơn hoặc bằng 430°C. Hơn nữa, nhiệt độ cuộn tốt nhất là thấp hơn hoặc bằng 620°C.

[Bước sản xuất ống]

Nhiệt độ của thép tấm cán nóng: -40°C hoặc thấp hơn

Sau bước cuộn, quy trình sản xuất ống được thực hiện trong bước sản xuất ống. Trong bước sản xuất ống, tấm thép cán nóng được đưa vào công đoạn tạo hình cán ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn trong khi tấm thép cán nóng được tháo cuộn liên tục, để tạo ra ống hở hình trụ (ống thép tròn), và hàn điện trở được thực hiện trong đó các phần đầu mút theo chu vi ống của ống hở được nung chảy bằng cách nung nóng điện trở tần số cao. và trong quá trình này, được hàn áp lực với sự chôn ép do các trục ép gây ra, để tạo ra vật liệu ống thép.

Phương pháp làm nguội tấm thép cán nóng cho bước sản xuất ống là phương pháp trong đó tấm thép cán nóng ở dạng cuộn được làm lạnh trước đến -40°C hoặc thấp hơn. Ngoài ra, thiết bị để sản xuất ống có thể được làm lạnh một phần đến -40°C hoặc thấp hơn.

Trong trường hợp nhiệt độ của tấm thép cán nóng thấp hơn hoặc bằng -40°C, các sai lệch mà được đưa ra trong bước sản xuất ống có thể được ức chế di chuyển, điều này ngăn không cho các sai lệch vướng vào nhau, và, do đó, các sai lệch có thể vẫn là sai

lệch di động. Tức là, các sai lệch mà được đưa vào các hạt được phân bố đồng đều, và, do đó đạt được trị số A cao.

Nếu nhiệt độ của tấm thép cán nóng trong bước sản xuất ống cao hơn -40°C , thì các sai lệch mà được đưa ra trong bước sản xuất ống dễ dàng di chuyển, khiến các sai lệch bị vướng vào nhau và do đó, dễ dàng tạo ra các ô mạng, và kết quả là, các sai lệch di động bị giảm xuống. Nhiệt độ của thép tấm cán nóng trong bước sản xuất ống tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng -50°C và thậm chí tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -55°C .

Giới hạn dưới của nhiệt độ của thép tấm cán nóng trong bước sản xuất ống không bị giới hạn cụ thể. Tốt hơn là giới hạn dưới cao hơn hoặc bằng -90°C , từ quan điểm tăng tải sản xuất ống do tăng khả năng chống biến dạng của tấm thép cán nóng, kiểm soát nhiệt độ cho hệ thống thủy lực và tương tự, và chi phí làm nguội. Tốt hơn nữa, giới hạn dưới cao hơn hoặc bằng -80°C .

Lượng chôn ép cho hàn điện trở (điều kiện ưu tiên)

Lượng chôn ép cho hàn điện trở được kiểm soát theo cách sao cho các chất lẫn, chẳng hạn như oxit và nitrua, mà có thể làm giảm độ dẻo dai, có thể được loại bỏ bằng thép nóng chảy. Tốt hơn là, lượng chôn ép lớn hơn hoặc bằng 20% độ dày tấm. Tuy nhiên, nếu lượng chôn ép lớn hơn 100% độ dày tấm, tải trọng trên các trục ép sẽ tăng lên. Theo đó, tốt hơn là lượng chôn ép được kiểm soát trong phạm vi 20% hoặc lớn hơn của độ dày tấm và 100% hoặc nhỏ hơn của độ dày tấm. Tốt hơn nữa, lượng chôn ép lớn hơn hoặc bằng 40% độ dày tấm. Tốt hơn nữa, lượng chôn ép nhỏ hơn hoặc bằng 80% độ dày tấm.

Lượng chôn ép có thể được xác định là độ chênh lệch giữa chiều dài theo chu vi ngoài của ống thép trước khi hàn điện trở (ống hở) và chiều dài theo chu vi ngoài của ống thép sau khi hàn điện trở.

[Bước định cỡ]

Nhiệt độ cho công đoạn giảm đường kính của vật liệu ống thép: -40°C hoặc thấp hơn

Trong bước định cỡ tiếp theo quá trình hàn điện trở, vật liệu ống thép được đưa

vào công đoạn giảm đường kính ở -40°C hoặc thấp hơn, mà được thực hiện với các cuộn (trục định cỡ) được bố trí ở các vị trí trên, dưới, trái và phải đối với vật liệu ống thép. Theo đó, đường kính ngoài và độ tròn của vật liệu ống thép được điều chỉnh theo các giá trị mong muốn.

Về các phương pháp làm nguội ống thép hàn điện trở cho bước định cỡ, ví dụ về các phương pháp bao gồm phương pháp trong đó bước định cỡ được thực hiện liên tục ngay sau bước sản xuất ống, được thực hiện bằng cách làm nguội tấm thép cán nóng đến nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn, như mô tả ở trên; và phương pháp trong đó bước định cỡ được thực hiện bằng cách làm nguội lại ống thép hàn điện trở sau bước sản xuất ống. Ngoài ra, thiết bị cho bước định cỡ có thể được làm lạnh một phần đến -40°C hoặc thấp hơn.

Trong trường hợp nhiệt độ của ống thép hàn điện trở trước bước định cỡ thấp hơn hoặc bằng -40°C , các sai lệch mà được đưa ra trong bước định cỡ có thể được ức chế di chuyển, điều này ngăn không cho các sai lệch bị vướng vào nhau, và do đó, các sai lệch có thể vẫn là sai lệch di động. Tức là, các sai lệch mà được đưa vào các hạt được phân bố đồng đều, và, do đó đạt được trị số A cao.

Nếu nhiệt độ của ống thép hàn điện trở trong bước định cỡ lớn hơn -40°C , thì các sai lệch mà được đưa ra trong bước định cỡ dễ dàng di chuyển, mà sẽ khiến cho các sai lệch bị vướng vào nhau và do đó, dễ dàng tạo ra các ô mạng, và kết quả là, sai lệch di động bị giảm xuống. Nhiệt độ của ống thép hàn điện trở trong bước định cỡ tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng -50°C và thậm chí tốt hơn nữa là thấp hơn hoặc bằng -55°C .

Giới hạn dưới của nhiệt độ của ống thép hàn điện trở trong bước định cỡ không bị giới hạn cụ thể. Tốt hơn là giới hạn dưới cao hơn hoặc bằng -90°C , từ quan điểm tăng tải trọng định cỡ do tăng khả năng chống biến dạng của ống thép hàn điện trở, kiểm soát nhiệt độ cho hệ thống thủy lực và tương tự, và chi phí làm nguội. Tốt hơn nữa, giới hạn dưới cao hơn hoặc bằng -80°C .

Tỷ lệ giảm đường kính (điều kiện ưu tiên)

Để cải thiện độ chính xác của đường kính ngoài và độ tròn, tốt hơn là việc giảm

đường kính của ống thép được thực hiện theo cách sao cho tỷ lệ giảm độ dài theo chu vi của ống thép tổng cộng trong bước định cỡ là 0,5% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu việc giảm đường kính được thực hiện theo cách sao cho tỷ lệ giảm độ dài theo chu vi của ống thép tổng cộng lớn hơn 4,0%, lượng uốn theo hướng trục ống trong quá trình đi qua các trục định cỡ là lớn, dẫn đến tăng tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Theo đó, tốt hơn là việc giảm đường kính được thực hiện theo cách sao cho tỷ lệ giảm độ dài theo chu vi của ống thép là 0,5% hoặc lớn hơn và 4,0% hoặc nhỏ hơn. Tỷ lệ này tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1,0%. Hơn nữa, tốt hơn là tỷ lệ này nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%.

Trong bước định cỡ tiếp theo công đoạn hàn điện trở, lượng uốn cong theo hướng trục ống trong quá trình vật liệu ống thép đi qua các trục định cỡ phải được giảm càng nhiều càng tốt, để hạn chế sự gia tăng tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Theo đó, tốt hơn là việc giảm đường kính được thực hiện trong nhiều giai đoạn bằng cách sử dụng nhiều trạm định cỡ và tốt hơn là trong mỗi trạm định cỡ, việc giảm đường kính được thực hiện theo cách sao cho tỷ lệ giảm độ dài theo chu vi của ống nhỏ hơn hoặc bằng 1,0% so với trạm định cỡ liền kề. Hơn nữa, tỷ lệ này tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,50%.

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế được sản xuất bằng phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở được mô tả ở trên.

Lưu ý rằng phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sử dụng ngay cả đối với các ống thành dày có độ dày thành của vùng kim loại nền trong phạm vi 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn, như đã đề cập ở trên.

Việc xác định xem ống thép có phải là ống thép hàn điện trở hay không có thể được thực hiện như sau. Ống thép hàn điện trở được cắt theo hướng vuông góc với hướng trục ống, sau đó, mặt cắt ngang chứa mối hàn (mối hàn điện trở) được đánh bóng và sau đó được khắc bằng chất ăn mòn, và sau đó, mặt cắt ngang được quan sát bằng kính hiển vi quang học. Khi chiều rộng theo chu vi ống của vùng nóng chảy và hóa rắn của mối hàn (mối hàn điện trở) là 1,0 μm hoặc lớn hơn và 1000 μm hoặc nhỏ hơn trên toàn bộ độ dày của ống, thì ống đó là ống thép hàn điện trở. Chất ăn mòn có thể là chất ăn mòn thích hợp được lựa chọn phù hợp với thành phần của thép và loại ống thép.

Mỗi hàn (mỗi hàn điện trở) được mô tả thêm dưới đây có tham khảo Fig.1. Fig.1 là hình chiếu mặt cắt ngang theo hướng chu vi ống của mỗi hàn và vùng lân cận. Fig.1 minh họa trạng thái trong đó mặt cắt ngang chứa mỗi hàn đã được đánh bóng và khắc mòn. Như được minh họa trên Fig.1, vùng nóng chảy và hóa rắn 3 có thể được xác định bằng cách quan sát là vùng có hình thái tổ chức tế vi và độ tương phản khác với vùng kim loại nền 1 và vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn 2. Ví dụ, trong trường hợp ống thép hàn điện trở làm bằng thép cacbon hoặc thép hợp kim thấp, vùng nóng chảy và hóa rắn 3 có thể được xác định là vùng xuất hiện màu trắng dưới kính hiển vi quang học, như quan sát thấy trong mặt cắt ngang được khắc mòn bằng nital.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dựa trên các ví dụ thực hiện sáng chế. Lưu ý rằng sáng chế không bị giới hạn ở các Ví dụ được mô tả dưới đây.

Thép nóng chảy có thành phần hóa học như được thể hiện trong Bảng 1 được sản xuất bằng cách luyện thép để tạo ra các phôi tấm (vật liệu thép). Mỗi phôi tấm thu được được trải qua bước cán nóng, bước làm nguội, và bước cuộn, mà được thực hiện trong các điều kiện được thể hiện trong Bảng 2, để tạo ra tấm thép cán nóng (tấm thép cán nóng để làm ống thép hàn điện trở).

Sau bước cuộn, tấm thép cán nóng được làm nguội đến nhiệt độ được thể hiện trong Bảng 2 và được đưa vào công đoạn tạo hình cán để tạo ra ống hở hình trụ (ống thép tròn), và các phần đầu mút của ống hở được hàn với nhau bằng cách hàn điện trở để tạo ra vật liệu ống thép (bước sản xuất ống). Sau đó, vật liệu ống thép được đưa vào công đoạn giảm đường kính ở nhiệt độ như thể hiện trong Bảng 2 (bước định cỡ) để tạo ra ống thép hàn điện trở có đường kính ngoài D (mm) và độ dày thành t (mm), được thể hiện trong Bảng 2.

Các mẫu thử khác nhau được cắt từ ống thép hàn điện trở thu được để thực hiện phân tích sai lệch, phân tích tổ chức tế vi, thử độ bền kéo, và thử va đập Charpy, được tiến hành bằng các phương pháp được mô tả bên dưới. Trong trường hợp này, các mẫu thử khác nhau được cắt từ một phân vùng của vùng kim loại nền mà cách xa 90° theo

hướng chu vi ống từ mỗi hàn điện trở, được giả định là ở vị trí 0° .

[Phân tích sai lệch]

Mật độ sai lệch ρ được xác định bằng cách thực hiện nhiễu xạ tia X trên mẫu thử được chuẩn bị như sau. Mặt cắt ngang song song với cả hướng dọc ống và hướng độ dày thành được đánh bóng gương, và sau đó, vùng 100 μm của mặt cắt ngang được đánh bóng bằng điện phân để loại bỏ lớp bề mặt đã xử lý. Mặt phẳng nhiễu xạ là mặt phẳng ở phần giữa theo độ dày thành. Từ kết quả nhiễu xạ tia X, phép xác định được thực hiện bằng phương pháp Williamson-Hall điều chỉnh và phương pháp Warren-Averbach điều chỉnh (Tài liệu tham khảo 1 và 2, đã đề cập ở trên). Nguồn tia X được sử dụng là bức xạ $\text{CuK}\alpha$. Điện áp ống là 45 kV, và dòng điện trong ống là 200 mA.

Tham số ϕ được xác định từ các kết quả nhiễu xạ tia X, bằng cách sử dụng phương pháp Williamson-Hall điều chỉnh/khớp trực tiếp (Tài liệu tham khảo 3, đã đề cập ở trên). Các hằng số cần thiết cho phương pháp Williamson-Hall điều chỉnh/khớp trực tiếp (Tài liệu tham khảo 3, đã đề cập ở trên) như sau: $\Gamma_0=0,261$, $C_{h00}^S=0,298$, $C_{h00}^E=0,262$, $q^S=2,652$ và $q^E=1,372$.

Vectơ Burgers b của các sai lệch là $0,248 \times 10^{-9} \text{ m}$.

Trị số A , mà tương quan với trạng thái phân bố của các sai lệch, được xác định từ mật độ sai lệch thu được ρ , tham số ϕ , vectơ Burgers b của các sai lệch và phương trình (1).

$$A = \phi / ((\pi\rho/2)^{1/2} \times b) \dots (1)$$

Các trị số xác định được thể hiện trong Bảng 3.

[Phân tích tổ chức tế vi]

Mẫu thử để phân tích tổ chức tế vi được chuẩn bị như sau. Mẫu được cắt sao cho bề mặt được quan sát là mặt cắt ngang song song với cả hướng dọc của và hướng độ dày thành và nằm ở phần giữa theo độ dày thành. Mẫu sau đó được đánh bóng gương và sau đó được khắc mòn bằng nital. Việc phân tích tổ chức tế vi được thực hiện bằng cách quan sát các tổ chức tế vi ở phần giữa theo độ dày thành và chụp ảnh của các tổ chức tế

vi, bằng kính hiển vi quang học (độ phóng đại: 1000 $\times$) hoặc kính hiển vi điện tử quét (SEM, độ phóng đại: 1000 $\times$).

Từ hình ảnh hiển vi quang học hoặc hình ảnh SEM thu được, các tỷ lệ diện tích của ferit, bainit, peclit và phần còn lại (mactenxit và auxtenit) được xác định. Tỷ lệ diện tích của từng tổ chức tế vi được xác định như sau: quan sát được thực hiện trên 5 trường quan sát hoặc nhiều hơn, và trị số trung bình của các giá trị thu được của các trường quan sát được tính là tỷ lệ diện tích. Trong trường hợp này, mỗi tỷ lệ diện tích được xác định bằng phân tích tổ chức tế vi được coi là tỷ lệ thể tích của mỗi tổ chức tế vi.

Lưu ý rằng vì rất khó để phân biệt mactenxit với auxtenit trong hình ảnh hiển vi quang học và ảnh SEM, nên tỷ lệ thể tích của mactenxit được xác định như sau: tỷ lệ diện tích của các tổ chức tế vi được xác định là mactenxit hoặc auxtenit khi quan sát ảnh SEM thu được được đo lại, sau đó, tỷ lệ thể tích của auxtenit, được đo bằng phương pháp được mô tả dưới đây, được trừ đi từ tỷ lệ diện tích, và trị số thu được được chỉ định là tỷ lệ thể tích của mactenxit.

Phép đo tỷ lệ thể tích của auxtenit được thực hiện bằng nhiễu xạ tia X bằng cách sử dụng mẫu thử được chuẩn bị theo cách tương tự như mẫu thử để phân tích sai lệch. Bức xạ Mo-K α đã được sử dụng để đo lường. Từ các cường độ tích phân của các mặt phẳng (200), (220) và (311) của sắt fcc và các mặt phẳng (200) và (211) của sắt bcc, tỷ lệ thể tích của auxtenit được xác định. Hơn nữa, tỷ lệ thể tích của pha bcc cũng được xác định.

Việc đo kích thước hạt trung bình được thực hiện như sau. Biểu đồ cột phân bố kích thước hạt được tính toán bằng cách sử dụng phương pháp SEM/EBSD (biểu đồ cột là biểu đồ trong đó trục hoành thể hiện kích thước hạt và trục tung thể hiện tỷ lệ phong phú đối với các kích thước hạt khác nhau). Giá trị trung bình số học của kích thước hạt được xác định. Cụ thể, kích thước hạt được xác định như sau. Các góc lệch hướng giữa các hạt liền kề đã được xác định, và các ranh giới có góc lệch hướng 15° hoặc lớn hơn được xem xét để xác định các hạt (ranh giới hạt); theo đó, đường kính tương đương tròn của các hạt đã được đo. Đường kính tương đương tròn trung bình được coi là kích thước hạt trung bình. Đường kính tương đương tròn được định nghĩa là đường kính của hình

tròn có diện tích bằng diện tích hạt quan tâm.

Các điều kiện cho phép đo bao gồm điện áp gia tốc 15 kV, vùng đo $500\text{ }\mu\text{m} \times 500\text{ }\mu\text{m}$ và kích thước bước đo là $0,5\text{ }\mu\text{m}$. Lưu ý rằng trong phân tích kích thước hạt, các hạt có kích thước hạt nhỏ hơn $2,0\text{ }\mu\text{m}$ được coi là nhiễu đo lường và bị loại khỏi đối tượng phân tích, và tỷ lệ diện tích xác định được coi là bằng tỷ lệ thể tích.

Các kết quả thu được được thể hiện trong Bảng 3.

[Thử nghiệm độ bền kéo]

Thử nghiệm độ bền kéo được tiến hành với mẫu thử độ bền kéo JIS số 5 theo các thông số kỹ thuật của JIS Z 2241. Mẫu thử độ bền kéo được cắt sao cho hướng kéo song song với hướng dọc ống. Ứng suất chảy YS (MPa) và độ bền kéo TS (MPa) đã được đo, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền YR (%), được định nghĩa là $(YS/TS) \times 100$, đã được tính toán. Lưu ý rằng ứng suất chảy YS là ứng suất chảy ở biến dạng danh nghĩa là 0,5%.

Các kết quả thu được được thể hiện trong Bảng 4.

[Thử nghiệm va đập Charpy]

Thử nghiệm va đập Charpy được tiến hành như sau. Mẫu thử nghiệm được khía rãnh chữ V được cắt từ phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền của ống thép hàn điện trở thu được, sao cho hướng dọc của mẫu thử song song với hướng dọc ống. Thử nghiệm được thực hiện ở -40°C theo thông số kỹ thuật của JIS Z 2242, để xác định năng lượng hấp thụ (J). Ba mẫu thử được sử dụng cho mỗi ví dụ, và giá trị trung bình của năng lượng hấp thụ được xác định là năng lượng hấp thụ của ống thép hàn điện trở.

Các kết quả thu được được thể hiện trong Bảng 4.

[Bảng 1]

Ổng thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng)															
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Cu	Ni	Cr	Mo	Nb	V	Ca	B
1	0,063	0,27	1,49	0,014	0,0032	0,033	0,0025	0,014	-	-	0,66	0,21	0,025	0,033	0,0034	-
2	0,035	0,43	1,43	0,003	0,0008	0,034	0,0031	0,024	-	-	-	-	0,059	0,024	0,0021	-
3	0,004	0,24	1,76	0,011	0,0047	0,039	0,0032	0,043	0,22	0,21	-	-	-	-	-	-
4	0,098	1,45	2,34	0,022	0,0064	0,021	0,0027	0,033	-	-	-	-	-	-	-	-
5	0,270	0,51	1,23	0,005	0,0004	0,022	0,0045	0,008	0,43	0,31	-	-	0,033	-	0,0037	-
6	0,320	0,44	0,99	0,009	0,0013	0,028	0,0021	0,040	-	-	0,09	0,08	0,024	0,019	0,0045	-
7	0,197	2,20	2,88	0,012	0,0026	0,038	0,0033	0,024	-	-	-	-	0,011	0,018	-	-
8	0,088	0,22	3,14	0,013	0,0031	0,040	0,0029	0,019	-	-	-	-	0,032	0,027	-	0,0032
9	0,132	0,30	0,68	0,005	0,0005	0,042	0,0041	0,007	-	-	-	-	0,046	0,041	-	-
10	0,229	0,08	0,90	0,008	0,0009	0,035	0,0035	0,035	0,34	0,62	0,13	0,14	-	0,035	-	-
11	0,055	1,45	2,34	0,014	0,0007	0,026	0,0038	0,016	-	-	0,23	0,17	-	-	-	-
12	0,176	0,11	1,32	0,017	0,0088	0,041	0,0024	0,021	-	-	-	-	0,03	0,02	-	-
13	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
14	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
15	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
16	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
17	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
18	0,122	0,31	1,15	0,011	0,0051	0,025	0,0038	0,015	0,15	0,16	-	-	0,03	-	-	-
19	0,045	0,19	1,09	0,008	0,0005	0,031	0,0040	0,014	-	-	-	-	-	-	-	-
20	0,173	0,81	1,98	0,009	0,0010	0,035	0,0044	0,137	-	-	-	-	-	-	-	-
21	0,053	0,46	1,54	0,022	0,0013	0,040	0,0037	0,039	-	-	-	-	-	-	-	-
22	0,150	0,25	1,22	0,020	0,0042	0,029	0,0034	0,024	-	-	-	-	-	-	-	-

[Bảng 2]

Ống thép số	Bước cán nóng				Bước làm nguội		Bước cuộn	Bước sản xuất ống		Bước định cỡ		Kích thước ống thép		Ghi chú
	Nhiệt độ nung (°C)	Nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô (°C)	Nhiệt độ cung cấp cán tinh (°C)	Tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gần liền với nhiệt độ 930°C bằng và thấp hơn (%)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ làm nguội cuối cùng (°C)		Nhiệt độ (°C)	Lượng chôn ép (mm)	Nhiệt độ (°C)	Tỷ lệ giảm đường kính (%)	Đường kính ngoài D (mm)	Độ dày thành t (mm)	
1	1250	1080	870	56	11	580	550	-60	10	-50	2,5	400	22	Ví dụ sáng chế
2	1200	930	880	62	22	620	590	-60	11	-60	3,0	700	25	Ví dụ sáng chế
3	1180	900	790	57	15	555	530	-90	20	-70	1,7	550	25	Ví dụ sáng chế
4	1200	870	810	71	8	485	465	-75	6	-70	2,4	450	22	Ví dụ sáng chế
5	1100	1100	800	55	10	510	490	-50	8	-45	0,96	400	19	Ví dụ sáng chế
6	1130	920	840	68	14	430	400	-60	13	-45	2,0	600	28	Ví dụ so sánh
7	1250	890	860	63	17	600	570	-60	7	-55	1,6	450	25	Ví dụ so sánh
8	1280	900	820	60	9	505	475	-50	17	-50	3,3	500	25	Ví dụ so sánh
9	1150	940	770	57	20	470	440	15	8	15	1,5	400	22	Ví dụ so sánh
10	1230	980	830	54	11	690	670	-60	15	-45	2,1	550	19	Ví dụ so sánh
11	1100	960	790	45	7	595	565	-80	19	-60	3,2	550	28	Ví dụ so sánh
12	1210	920	810	56	9	615	600	-65	9	-50	3,8	350	20	Ví dụ sáng chế
13	1230	950	840	55	19	525	500	-70	15	-50	3,7	500	28	Ví dụ sáng chế
14	1320	1000	850	52	8	630	615	-60	12	-60	3,0	600	25	Ví dụ so sánh
15	1200	1160	890	54	15	600	585	-55	8	-50	2,8	600	25	Ví dụ so sánh
16	1200	970	920	55	12	615	600	-60	10	-40	3,0	600	25	Ví dụ so sánh

17	1250	980	850	58	4	630	600	-70	15	-60	2,5	600	25	Ví dụ so sánh
18	1230	950	840	57	18	670	660	-60	12	-60	2,6	600	25	Ví dụ so sánh
19	1270	1130	860	54	26	540	520	-60	18	-50	2,8	500	22	Ví dụ sáng chế
20	1200	920	800	55	13	560	540	-50	15	-40	2,0	550	20	Ví dụ sáng chế
21	1130	910	810	61	22	610	590	-60	14	-50	2,4	600	28	Ví dụ sáng chế
22	1160	860	760	57	11	530	510	-60	13	-50	1,9	550	25	Ví dụ sáng chế

[Bảng 3]

Ông thép Thứ tự	Các tổ chức tế vi của thép												Ghi chú
	Tỷ lệ bcc (% thể tích)	Tỷ lệ F (% thể tích)	Tỷ lệ B (% thể tích)	Tỷ lệ (F+B) (% thể tích)	Các tổ chức tế vi còn lại	Tỷ lệ P (% thể tích)	Tỷ lệ M (% thể tích)	Tỷ lệ A (% thể tích)	Kích thước hạt trung bình (μm)	Mật độ sai lệch ρ (m ⁻²)	Tham số φ	A	
1	100	2	95	97	P, M	2	1	0	5,7	8,4×10 ¹⁴	0,0060	0,67	Ví dụ sáng chế
2	97	62	34	96	M, A	0	1	3	8,4	4,5×10 ¹⁴	0,0051	0,77	Ví dụ sáng chế
3	95	35	59	94	M, A	0	1	5	6,5	6,6×10 ¹⁴	0,0049	0,61	Ví dụ sáng chế
4	100	23	71	94	P, M	4	2	0	5,3	7,1×10 ¹⁴	0,0046	0,56	Ví dụ sáng chế
5	91	7	72	79	M, A	0	12	9	4,7	1,5×10 ¹⁵	0,0098	0,81	Ví dụ sáng chế
6	92	25	54	79	M, A	0	13	8	5,9	7,8×10 ¹⁴	0,0068	0,78	Ví dụ so sánh
7	96	43	47	90	P, A	6	0	4	5,5	4,9×10 ¹⁴	0,0047	0,69	Ví dụ so sánh
8	99	11	76	87	P, A	12	0	1	6,0	6,2×10 ¹⁴	0,0050	0,64	Ví dụ so sánh
9	100	48	44	92	P	8	0	0	7,3	3,9×10 ¹⁴	0,0030	0,49	Ví dụ so sánh
10	78	8	58	66	M, A	0	12	22	8,5	1,7×10 ¹⁵	0,0068	0,53	Ví dụ so sánh

11	93	27	65	92	M, A	0	1	7	17	$2,5 \times 10^{14}$	0,0028	0,57	Ví dụ so sánh
12	95	67	20	87	P, A	8	0	5	10,1	$3,9 \times 10^{14}$	0,0034	0,56	Ví dụ sáng chế
13	97	12	83	95	P, M, A	1	1	3	5,2	$5,2 \times 10^{14}$	0,0043	0,60	Ví dụ sáng chế
14	100	78	10	88	P	12	0	0	16	$3,3 \times 10^{14}$	0,0032	0,57	Ví dụ so sánh
15	100	81	9	90	P	10	0	0	17	$3,5 \times 10^{14}$	0,0035	0,60	Ví dụ so sánh
16	99	80	7	87	P, A	12	0	1	16	$4,1 \times 10^{14}$	0,0035	0,56	Ví dụ so sánh
17	100	85	3	88	P	12	0	0	17	$2,1 \times 10^{14}$	0,0027	0,59	Ví dụ so sánh
18	98	88	0	88	P, A	10	0	2	19	$3,8 \times 10^{14}$	0,0038	0,63	Ví dụ so sánh
19	100	3	91	94	P, M	4	2	0	5,3	$6,3 \times 10^{14}$	0,0044	0,56	Ví dụ sáng chế
20	100	44	45	89	P, M	10	1	0	5,1	$5,9 \times 10^{14}$	0,0046	0,61	Ví dụ sáng chế
21	97	4	88	92	P, M, A	4	1	3	6,4	$4,7 \times 10^{14}$	0,0040	0,59	Ví dụ sáng chế
22	100	61	28	89	P, M	9	2	0	5,8	$5,5 \times 10^{14}$	0,0042	0,57	Ví dụ sáng chế

*1. Mô tả các ký hiệu F: ferit, B: bainit, P: peclit, M: mactenxit, A: auxtenit

*2. $A = \varphi / ((\pi \rho / 2)^{1/2} \times b)$...phương trình (1)

[Bảng 4]

Ống thép số	Tính chất cơ học				Ghi chú
	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	Năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C (J)	
1	552	639	86,4	224	Ví dụ sáng chế
2	425	518	82,0	152	Ví dụ sáng chế
3	479	571	83,9	177	Ví dụ sáng chế
4	525	593	88,5	203	Ví dụ sáng chế
5	638	764	83,5	198	Ví dụ sáng chế
6	531	639	83,1	75	Ví dụ so sánh
7	436	476	91,6	90	Ví dụ so sánh
8	443	485	91,3	169	Ví dụ so sánh
9	423	456	92,8	87	Ví dụ so sánh
10	707	759	93,1	146	Ví dụ so sánh
11	355	421	84,3	61	Ví dụ so sánh
12	425	492	86,4	124	Ví dụ sáng chế
13	463	530	87,4	130	Ví dụ sáng chế
14	389	471	82,6	78	Ví dụ so sánh
15	367	437	84,0	62	Ví dụ so sánh
16	412	498	82,7	55	Ví dụ so sánh
17	325	403	80,6	91	Ví dụ so sánh
18	417	504	82,7	88	Ví dụ so sánh
19	505	593	85,2	213	Ví dụ sáng chế
20	482	576	83,7	158	Ví dụ sáng chế
21	423	512	82,6	162	Ví dụ sáng chế
22	466	560	83,2	179	Ví dụ sáng chế

Tham chiếu Bảng 3 và Bảng 4, các ống thép từ 1 đến 5, 12, 13 và từ 19 đến 22 là các ví dụ sáng chế và các ống thép từ 6 đến 11 và từ 14 đến 18 là các ví dụ so sánh.

Tất cả các ống thép hàn điện trở theo các ví dụ sáng chế đều có các tổ chức tế vi

của thép của vùng kim loại nền trong đó pha bcc có mặt ở tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng 80%, kích thước hạt trung bình nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm và trị số A là 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, tất cả các ống thép hàn điện trở theo các ví dụ sáng chế đều có các tính chất cơ học trong đó tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền nhỏ hơn hoặc bằng 90%, và năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C lớn hơn hoặc bằng 100 J.

Danh sách ký hiệu chỉ dẫn

- 1 Vùng kim loại nền
- 2 Vùng chịu ảnh hưởng bởi nhiệt hàn
- 3 Vùng nóng chảy và hóa rắn

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống thép hàn điện trở bao gồm vùng kim loại nền và mối hàn, trong đó:

các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó pha bcc có mặt với tỷ lệ thể tích lớn hơn hoặc bằng 80%, kích thước hạt trung bình là nhỏ hơn hoặc bằng 15,0 μm , và trị số A, được xác định bởi phương trình (1), là 0,55 hoặc lớn hơn và 0,85 hoặc nhỏ hơn;

tỉ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng trục ống là nhỏ hơn hoặc bằng 90%; và

năng lượng hấp thụ Charpy ở -40°C của vùng kim loại nền là lớn hơn hoặc bằng 100 J,

$$A = \varphi / ((\pi \rho / 2)^{1/2} \times b) \dots (1)$$

trong đó φ là tham số biểu thị hệ số làm việc được xác định bởi nhiễu xạ tia X, ρ là mật độ sai lệch (m^{-2}), b là vector Burgers (m) của các sai lệch, và π là tỷ số giữa chu vi của hình tròn với đường kính của hình tròn.

2. Ống thép hàn điện trở theo điểm 1, trong đó vùng kim loại nền có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng,

C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn, với thành phần cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

3. Ống thép hàn điện trở theo điểm 2, trong đó thành phần hóa học còn chứa, tính theo

% khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ:

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

4. Ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó vùng kim loại nền có độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

5. Ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó các tổ chức tế vi của thép ở phần giữa theo độ dày thành của vùng kim loại nền là các tổ chức tế vi của thép trong đó tổng tỷ lệ thể tích của ferit và bainit lớn hơn hoặc bằng 85%.

6. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong các điểm từ 1 đến 5, phương pháp này bao gồm:

bước cán nóng trong đó vật liệu thép được nung nóng đến nhiệt độ nung là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn, vật liệu thép sau đó được cán nóng bằng cách sử dụng nhiệt độ hoàn thiện việc cán thô là 850°C hoặc cao hơn và 1150 °C hoặc thấp hơn, nhiệt độ cung cấp cán tinh là 750°C hoặc cao hơn và 900°C hoặc thấp hơn, và tổng tỷ lệ giảm độ dày do cán gắn liền với nhiệt độ bằng và thấp hơn 930°C là 50% hoặc lớn hơn, để tạo ra tấm cán nóng;

bước làm nguội trong đó tấm cán nóng được làm nguội bằng cách sử dụng tốc độ làm nguội trung bình là 5°C/giây hoặc cao hơn và 30°C/giây hoặc thấp hơn và nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn, mỗi trong số tốc độ làm nguội trung bình và nhiệt độ làm nguội cuối cùng dựa trên nhiệt độ ở phần giữa

theo độ dày tấm của tấm cán nóng;

bước cuộn trong đó tấm cán nóng được cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép cán nóng;

bước sản xuất ống trong đó tấm thép cán nóng được đưa vào công đoạn tạo hình cuộn ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn để tạo ra tấm thép hình trụ và tấm thép hình trụ được hàn bằng cách hàn điện trở để tạo ra vật liệu ống thép; và

bước định cỡ trong đó vật liệu ống thép được đưa vào công đoạn giảm đường kính ở nhiệt độ -40°C hoặc thấp hơn để tạo ra ống thép hàn điện trở.

7. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm 6, trong đó vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng,

C: 0,001% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,01% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn, với thành phần cân bằng là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

8. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm 7, trong đó thành phần hóa học còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

9. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm 6 đến 8, trong đó vùng kim loại nền của ống thép hàn điện trở có độ dày thành là 15 mm hoặc lớn hơn và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

1 / 1

FIG. 1

