



(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)



1-0042915

(51)^{2020.01} C21D 8/02; C22C 38/00; C22C 38/60; (13) B
C21D 8/06

(21) 1-2022-02677

(22) 02/10/2020

(86) PCT/JP2020/037650 02/10/2020

(87) WO 2021/085036 06/05/2021

(30) 2019-198508 31/10/2019 JP

(45) 27/01/2025 442

(43) 25/08/2022 413

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) MATSUMOTO Akihito (JP); IDE Shinsuke (JP); OKABE Takatoshi (JP).

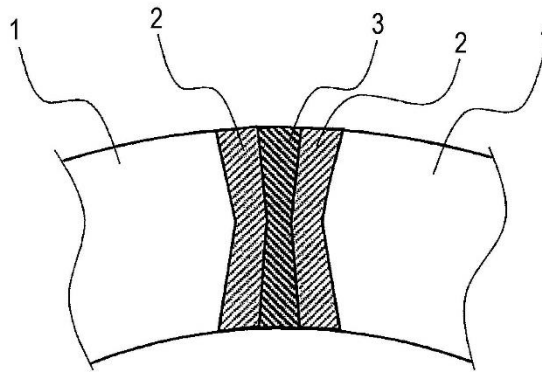
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ỐNG THÉP HÀN
ĐIỆN TRỞ, ĐƯỜNG ỐNG DẪN, VÀ KẾT CẤU XÂY DỰNG

(21) 1-2022-02677

(57) Mục đích của sáng chế là đề xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao, độ dẻo dai ưu việt, và tính chống vênh ưu việt mà có thể được sử dụng phù hợp cho việc xây dựng các kết cấu lớn như đường ống dẫn và các cột tòa nhà, phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở, kết cấu xây dựng, và đường ống dẫn. Ống thép hàn điện trở bao gồm vùng kim loại cơ bản và vùng hàn điện trở. Vùng kim loại cơ bản có thành phần hóa học xác định trước và tổ chức tế vi của thép bao gồm, theo thể tích, ferrit: lớn hơn 30%, và bainit: 10% hoặc lớn hơn. Tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit là 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn. Phần còn lại là một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha được chọn từ peclit, mactensit, và auxtenit. Hơn nữa, khi các vùng được bao quanh bởi các ranh giới giữa các tinh thể liền kề có độ lệch hướng là 15° hoặc lớn hơn được xác định là các hạt tinh thể, kích thước trung bình của các hạt tinh thể nhỏ hơn $7,0\text{ }\mu\text{m}$, và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước $40,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn là 30% hoặc nhỏ hơn. Ứng suất dư do nén trong các bên mặt bên trong và bên ngoài của ống thép hàn điện trở theo hướng trục là 250 MPa hoặc nhỏ hơn.

FIG. 1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở mà có thể được sử dụng thích hợp cho việc xây dựng các đường ống dẫn, các kết cấu xây dựng, và tương tự, phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở, đường ống dẫn, và kết cấu xây dựng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ống thép hàn điện trở được sản xuất bằng cách chuẩn bị tấm thép cán nóng (dải thép) được cuộn thành dạng xoắn ốc thành ống mở hình trụ rỗng bằng cách cán nguội, trong khi nạp tấm thép cán nóng theo cách liên tục; tiếp theo là thực hiện hàn điện trở, trong đó cả hai mép của ống mở mà tiếp xúc với nhau theo hướng chu vi của ống được làm nóng chảy bằng cách hàn điện trở tần số cao và hàn áp suất vào với nhau bởi sự dát phẳng bởi sự chèn bằng các trục lăn ép; và sau đó giảm đường kính đến đường kính ngoài xác định trước bằng các trục định cỡ.

Do các ống thép hàn điện trở có thể được sản xuất bằng cách gia công nguội theo kiểu liên tục, chúng có ưu điểm về mặt, ví dụ, năng suất cao và độ chính xác tạo hình cao. Tuy nhiên, do sự làm cứng nguội xảy ra trong quá trình sản xuất ống nên các ống thép hàn điện trở có khả năng có tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền theo hướng dọc cao hơn các tấm thép được cán nóng, mà là các vật liệu dùng cho ống thép hàn điện trở. Điều này dẫn đến tính biến dạng thấp của ống thép hàn điện trở trong biến dạng uốn cong của các ống.

Chiều dày của thành ống thép hàn điện trở càng lớn thì mức độ làm cứng nguội của ống thép hàn điện trở càng cao mà xảy ra trong quá trình sản xuất ống. Do đó, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của ống thép hàn điện trở có thành dày tăng sau khi sản xuất ống và tính biến dạng trở nên suy yếu.

Vì những lý do trên, rất khó để sử dụng các ống thép hàn điện trở thành dày cho các kết cấu lớn, chẳng hạn như các đường ống dẫn và cột tòa nhà, vốn được yêu cầu phải có khả năng chống vênh nhất định khi xét đến khả năng chống động đất và các sự cố tương tự.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 đề xuất ống thép hàn điện trở thành dày bao gồm ferit

đa giác: 50% đến 92% diện tích, ferit đa giác có kích thước hạt trung bình là 15 μm hoặc nhỏ hơn, trong đó vùng hàn điện trở của chúng có độ cứng từ Hv 160 đến Hv 240, và trong đó tổ chức tế vi của vùng hàn điện trở bao gồm bainit, ferit hạt mịn và peclit hoặc bao gồm ferit hạt mịn và bainit.

Tài liệu sáng chế 2 đề xuất ống thép hàn điện trở cho các đường ống dẫn trong đó, trong tổ chức tế vi của vùng kim loại cơ bản ở tâm chiều dày, phần ferit đa giác là 60% đến 90%, kích thước hạt tinh thể trung bình là 15 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ các hạt tinh thể thô, mà là phần diện tích của các hạt tinh thể có kích thước từ 20 μm hoặc nhỏ hơn, là 20% hoặc nhỏ hơn, và trong đó tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của ống thép theo hướng trục là 80% đến 95%.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

PTL 1: Patent Nhật Bản số 5293903

PTL 2: Patent Nhật Bản số 6260757

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Cụ thể, trong trường hợp trong đó các tấm thép cán nóng được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1 và 2 được sử dụng làm vật liệu cho các ống thép hàn điện trở thành dày có chiều dày thành lớn hơn 17 mm, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của các ống thép tạo thành được tăng lên vượt mức. Do đó, không thể sử dụng các tấm thép cán nóng trên làm vật liệu cho các ống thép hàn điện trở thành dày để sử dụng cho các kết cấu lớn.

Sáng chế được thực hiện trên cơ sở xem xét các trường hợp nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao, có độ dẻo dai ưu việt và khả năng chống vênh ưu việt mà có thể được sử dụng thích hợp để xây dựng các kết cấu lớn, chẳng hạn các đường ống dẫn và các cột của tòa nhà, phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở, đường ống dẫn, và kết cấu xây dựng.

Lưu ý rằng thuật ngữ “độ bền cao” được sử dụng ở đây có nghĩa là ứng suất đàn hồi của ống thép là 380 MPa hoặc lớn hơn. Thuật ngữ “độ dẻo dai ưu việt” được sử dụng ở đây có nghĩa là năng lượng hấp thụ Charpy của ống thép mà được đo ở nhiệt độ -40°C là 70 J hoặc lớn hơn. Thuật ngữ “khả năng chống vênh ưu việt” được sử dụng ở đây có

nghĩa là biến dạng bắt đầu uốn dọc ϵ_c (%) của ống thép mà được đo bởi thử nghiệm nén dọc trục thỏa mãn Công thức (1) dưới đây.

$$\epsilon_c \geq 35 \times t/D \cdots (1)$$

Trong Công thức (1), ϵ_c thể hiện biến dạng (%) mà tại đó tải trọng nén được áp vào trong thử nghiệm nén dọc trục đạt đỉnh; D thể hiện đường kính ngoài (mm), và t thể hiện chiều dày thành (mm).

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả của sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu mở rộng và kết quả là phát hiện ra rằng, để đạt được độ bền uốn dọc mục tiêu, cần phải giới hạn tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền (= Ứng suất đàn hồi/Độ bền kéo $\times 100$) của ống thép hàn điện trở theo hướng trục ở 90% hoặc nhỏ hơn và giới hạn ứng suất dư do nén được tạo ra trong bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép theo hướng trục ở 250 MPa hoặc nhỏ hơn. Nói cách khác, việc giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền để tăng cường tính biến dạng và giảm ứng suất dư do nén, mà thúc đẩy sự biến dạng do nén, làm tăng cường sức bền uốn dọc.

Các tác giả của sáng chế đã tiến hành thêm các nghiên cứu sâu rộng hơn và kết quả là phát hiện ra rằng, để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mục tiêu, điều cần thiết là tổ chức tế vi phải là tổ chức tế vi hỗn hợp của ferit và bainit và tổ chức tế vi còn lại là một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha cứng được chọn từ peclit, mactenxit và auxtenit.

Các tác giả còn phát hiện ra rằng, trong tổ chức tế vi của thép như vậy, các hạt bainit có khả năng trở nên bị thô quá mức một phần, làm suy yếu độ dẻo dai một cách đáng kể. Do đó, trong ống thép hàn điện trở có vi kết cấu thép được mô tả ở trên, cũng cần phải giảm tỷ lệ của các hạt tinh thể thô ngoài việc giảm kích thước hạt tinh thể trung bình để đạt được độ dẻo dai mục tiêu.

Sáng chế được thực hiện trên cơ sở của các phát hiện được mô tả ở trên. Bản chất kỹ thuật của sáng chế là như sau.

[1] Ống thép hàn điện trở mà bao gồm vùng kim loại cơ bản và vùng hàn điện trở, trong đó vùng kim loại cơ bản bao gồm:

thành phần hóa học chứa, theo khối lượng,

C: 0,040% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 2.0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3.0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

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

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại là Fe và các tạp chất và các tạp chất ngẫu nhiên; và

tổ chức tế vi của thép mà có:

theo thể tích, ferrit: lớn hơn 30%, và bainit: 10% hoặc lớn hơn, tỷ lượng theo thể tích tổng của ferrit và bainit là 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại là một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha được chọn từ pearlit, martensit, và auxtenit; và

khi vùng được bao quanh bởi các ranh giới ở giữa các tinh thể kề nhau có độ lệch hướng là 15° hoặc lớn hơn được xác định là các hạt tinh thể, kích thước trung bình của các hạt tinh thể nhỏ hơn $7,0\text{ }\mu\text{m}$, và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước là $40,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn là 30% hoặc nhỏ hơn;

trong đó ứng suất dư do nén được tạo ra ở các bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép hàn điện trở theo hướng trục của ống thép hàn điện trở là 250 MPa hoặc nhỏ hơn.

[2] Ống thép hàn điện trở được mô tả ở mục [1], trong đó thành phần hóa học còn chứa một hoặc hai hoặc lớn hơn nguyên tố được chọn từ, theo khối lượng,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1.0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1.0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1.0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1.0% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

[3] Ống thép hàn điện trở được mô tả ở mục [1] hoặc [2], mà có chiều dày thành lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

[4] Ống thép hàn điện trở được mô tả theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3], mà có đặc tính nén dọc trục thỏa mãn công thức (1) dưới đây.

$$\varepsilon_c \geq 35 \times t/D \cdots (1)$$

trong đó, trong công thức (1), ε_c thể hiện biến dạng (%) mà tại đó tải trọng nén được áp vào trong thử nghiệm nén dọc trục đạt đỉnh; D thể hiện đường kính ngoài (mm), và t thể hiện chiều dày thành (mm).

[5] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở, trong đó phương pháp bao gồm: tạo hình tấm thép cán nóng có thành phần hóa học được mô tả ở mục [1] hoặc [2] thành dạng hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội và sau đó thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở; và

giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn.

[6] Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở, phương pháp này bao gồm các bước:

nung nóng vật liệu thép có thành phần hóa học theo mục 1 hoặc 2 đến nhiệt độ nung nóng là 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn;

cán nóng vật liệu thép ở nhiệt độ cấp phối cán thô là 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện là 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn, sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn là 65% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện làm mát ở tốc độ làm mát trung bình là 10°C / s hoặc lớn hơn và 30°C / s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ dừng làm mát là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn, về nhiệt độ của tâm tấm thép theo hướng chiều dày của tấm thép;

sau đó thực hiện cuộn ở nhiệt độ cuộn 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn để chuẩn bị tấm thép cán nóng;

tạo hình tấm thép cán nóng thành hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội và sau đó thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở; và

giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho chu vi của ống thép giảm

0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn.

[7] Đường ống dẫn bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4.

[8] Kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, ống thép hàn điện trở có độ bền cao, độ dẻo dai ưu việt và tính chống vênh có thể được sản xuất. Ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sử dụng thích hợp để xây dựng các đường ống dẫn và các công trình xây dựng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt dạng giản đồ của vùng hàn điện trở của ống thép hàn điện trở, mà được lấy theo hướng chu vi của ống.

Mô tả chi tiết sáng chế

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế và phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở được mô tả dưới đây.

Lý do mà thành phần hóa học của vùng kim loại cơ bản của ống thép hàn điện trở bị giới hạn trong sáng chế được mô tả ở dưới đây. Lưu ý rằng, trong phần dưới đây, biểu tượng "%" được sử dụng để mô tả thành phần hóa học của thép chỉ "%" theo khối lượng" trừ khi có quy định cụ thể khác.

C: 0,040% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn

C là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn. C cũng là nguyên tố góp phần vào sự tạo thành của các pha rắn bằng cách tạo thuận lợi cho sự hình thành của peclit, tăng cường độ cứng để góp phần vào sự hình thành của martensit, và góp phần vào sự ổn định của auxtenit. Hàm lượng C cần phải là 0,040% hoặc lớn hơn để đạt được độ bền và tỷ số giới hạn chảy mục tiêu. Tuy nhiên, nếu hàm lượng C vượt quá 0,50%, tỷ lệ của các pha rắn được tăng lên và độ dẻo dai trở nên suy yếu theo. Ngoài ra, tính chịu hàn trở nên suy yếu. Theo đó, hàm lượng C được giới hạn ở 0,040% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn là 0,060% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là lớn hơn 0,12% và 0,25% hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn

Si là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn. Hàm lượng Si cần phải là 0,02% hoặc lớn hơn để tạo ra hiệu quả có lợi. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Si vượt quá 2,0%, các oxit có khả năng được tạo ra trong vùng hàn điện trở và, do đó, đặc tính của vùng hàn trở nên suy yếu. Hơn nữa, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của phần của ống thép mà lớn hơn vùng hàn điện trở, mà là, vùng kim loại cơ bản, được tăng lên, và do đó, độ dẻo dai trở nên suy yếu. Theo đó, hàm lượng Si bị giới hạn ở 2,0% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là lớn hơn 0,05% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si còn tốt hơn là 0,10% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn.

Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn

Mn là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn. Mn cũng là nguyên tố làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi của ferrit và nhờ đó góp phần tinh luyện tổ chức tế vi. Hàm lượng Mn cần phải là 0,40% hoặc lớn hơn để đạt được độ bền và tổ chức tế vi mục tiêu theo sáng chế. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Mn vượt quá 3,0%, các oxit có khả năng tạo thành trong vùng hàn điện trở, và do đó, các đặc tính của vùng hàn trở nên suy yếu. Hơn nữa, là kết quả của việc tăng cường dung dịch rắn và tinh luyện tổ chức tế vi, ứng suất đàn hồi được tăng lên. Điều này khiến không thể đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mục tiêu. Theo đó, hàm lượng Mn bị giới hạn ở 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,50% hoặc lớn hơn và 2,5% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,60% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn. [0023]

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn

Do P tách biệt ở ranh giới hạt và làm giảm tính đồng nhất của vật liệu thép, nên tốt hơn là giảm thiểu hàm lượng P dưới dạng tạp chất ngẫu nhiên, Hàm lượng P cho phép là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Theo đó, hàm lượng P được giới hạn ở 0,10% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,050% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới của hàm lượng P không cố định, nhưng hàm lượng P tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn do giảm hàm lượng P đến mức thấp quá mức làm tăng đáng kể chi phí tinh luyện.

S: 0,050% hoặc nhỏ hơn

S tồn tại trong thép thường ở dạng MnS. MnS bị kéo dẫn mỏng trong bước cán nóng và ảnh hưởng xấu đến độ dẻo. Do đó, trong sáng chế, tốt hơn là giảm thiểu hàm lượng S. Hàm lượng S cho phép là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Theo đó, hàm lượng S được giới hạn ở 0,050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,020% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới cho hàm lượng S không được thiết lập nhưng hàm lượng S tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn do việc giảm hàm lượng S xuống mức thấp quá mức làm tăng đáng kể chi phí tinh luyện.

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

Al là nguyên tố đóng vai trò làm chất khử oxy hóa mạnh. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, hàm lượng Al cần phải là 0,005% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Al vượt quá 0,10%, tính chịu hàn trở nên suy yếu. Hơn nữa, lượng chất lẫn oxit nhôm được tăng lên. Điều này làm giảm chất lượng bề mặt. Ngoài ra, độ dẻo dai của vùng hàn trở nên suy yếu. Theo đó, hàm lượng Al được giới hạn ở 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,015% hoặc lớn hơn và 0,070% hoặc nhỏ hơn.

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố giữ chặt sự di chuyển chuyển vị và do đó làm suy yếu độ dẻo dai. Trong sáng chế, mong muốn là giảm thiểu hàm lượng N. Hàm lượng N cho phép tối đa là 0,010%. Theo đó, hàm lượng N được giới hạn ở 0,010% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0080% hoặc nhỏ hơn.

Phần còn lại là Fe and các tạp chất ngẫu nhiên. Các tạp chất ngẫu nhiên có thể bao gồm O: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

Các nguyên tố nêu trên là các thành phần cấu thành cơ bản của thành phần hóa học của ống thép hàn điện trở theo sáng chế. Thành phần hóa học có thể chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn các nguyên tố được chọn từ các nguyên tố dưới đây nếu cần.

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn

Nếu hàm lượng Nb vượt quá 0,15%, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền được tăng lên và độ dẻo dai trở nên suy yếu. Do đó, trong trường hợp trong đó ống thép chứa Nb, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,15% hoặc nhỏ hơn. Nb tạo thành các cacbua và nitrua trong thép và từ đó làm tăng độ bền của thép. Nb cũng là nguyên tố làm giảm khả năng

lớn lên của hạt auxtenit trong quá trình cán nóng và từ đó góp phần tinh chế tổ chức tế vi. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm Nb, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,13% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn.

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn

Nếu hàm lượng V vượt quá 0,15%, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền được tăng lên và độ dẻo dai trở nên suy yếu. Do đó, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm V, hàm lượng V tốt hơn là 0,15% hoặc nhỏ hơn. V là nguyên tố tạo thành các cacbua và nitrua mịn trong thép và nhờ đó làm tăng độ bền của thép. Ống thép có thể bao gồm V khi cần. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm V, hàm lượng V tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,13% hoặc nhỏ hơn, and còn tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn

Nếu hàm lượng Ti vượt quá 0,15%, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền được tăng lên và độ dẻo dai trở nên suy yếu. Do đó, trong trường hợp trong đó các ống thép bao gồm Ti, hàm lượng Ti tốt hơn là 0,15% hoặc nhỏ hơn. Ti là nguyên tố tạo thành các cacbua và nitrua mịn trong thép và nhờ đó làm tăng độ bền của thép. Ti cũng là nguyên tố có ái lực cao đối với N và do đó làm giảm hàm lượng của N hòa tan trong thép. Ống thép có thể chứa Ti nếu cần. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, trong trường hợp trong đó ống thép chứa Ti, hàm lượng Ti tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,13% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn và Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Cu và Ni có thể làm giảm độ dẻo dai và làm suy yếu tính hàn được. Do đó, trong trường hợp ống thép chứa Cu và Ni, hàm lượng Cu và Ni tốt hơn là Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn và Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn. Cu và Ni cũng là các nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm Cu và Ni, hàm lượng Cu và Ni tốt hơn là Cu: 0,01% hoặc lớn hơn và Ni: 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là Cu: 0,05% hoặc lớn hơn và 0,70% hoặc

nhỏ hơn và Ni: 0,10% hoặc lớn hơn và Ni: 0,70% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn là Cu: 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn và Ni: 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn.

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn và Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Cr và Mo có thể làm giảm độ dẻo dai và làm suy yếu tính hàn được. Do đó, trong trường hợp ống thép chứa Cr và Mo, hàm lượng Cr và Mo tốt hơn là Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn và Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn. Cr và Mo cũng là các nguyên tố tăng cường độ cứng của thép và làm tăng độ bền của thép. Ống thép có thể chứa Cr và Mo nếu cần. Để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên, trong trường hợp trong đó ống thép chứa Cr và Mo, hàm lượng Cr và Mo tốt hơn là Cr: 0,01% hoặc lớn hơn và Mo: 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là Cr: 0,05% hoặc lớn hơn và 0,70% hoặc nhỏ hơn và Mo: 0,05% hoặc lớn hơn và 0,70% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn là Cr: 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn và Mo: 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn.

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn

Nếu hàm lượng Ca vượt quá 0,010%, các cụm Ca oxit được hình thành trong thép và, do đó, độ dẻo dai trở nên suy yếu. Do đó, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm Ca, hàm lượng Ca tốt hơn là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Ca cũng là nguyên tố tăng cường độ dẻo dai của thép bằng cách tăng tính cầu của các hạt sunfua, chẳng hạn MnS, mà được kéo dài mỏng trong bước cán nóng và có thể được bổ sung vào ống thép nếu cần. Trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm Ca, hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0005% hoặc lớn hơn để tạo ra hiệu quả có lợi nêu trên. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0008% hoặc lớn hơn và 0,008% hoặc nhỏ hơn và còn tốt hơn là 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,0060% hoặc nhỏ hơn.

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn

Nếu hàm lượng B vượt quá 0,0050%, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền được tăng lên và độ dẻo dai trở nên suy yếu. Do đó, trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm B, hàm lượng B tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn. B là nguyên tố góp phần tinh luyện tổ chức tế vi bằng cách làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi của ferrit và có thể được bổ sung vào ống thép nếu cần. Trong trường hợp trong đó ống thép bao gồm B, hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% hoặc lớn hơn để tạo ra các hiệu quả có lợi nêu trên. Hàm

lượng B tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0030% hoặc nhỏ hơn và còn tốt hơn là 0,0008% hoặc lớn hơn và 0,0020% hoặc nhỏ hơn.

Lý do giới hạn tổ chức tế vi của ống thép hàn điện trở theo sáng chế được mô tả như dưới đây.

Các tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit được bao gồm trong tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở theo sáng chế với toàn bộ tổ chức tế vi của thép là ferrit: lớn hơn 30% và bainit: 10% hoặc lớn hơn. Tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit là 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn. Phần còn lại là một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha được chọn từ pearlit, martensit, và auxtenit. Khi các vùng được bao quanh bởi các ranh giới giữa các tinh thể liền kề có độ lệch hướng là 15° hoặc lớn hơn được xác định là các hạt tinh thể, kích thước trung bình (đường kính vòng tròn tương đương trung bình) của các hạt tinh thể là nhỏ hơn $7,0\ \mu\text{m}$, và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước (đường kính vòng tròn tương đương) là $40,0\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn với toàn bộ tổ chức tế vi của thép là 30% hoặc nhỏ hơn.

Thuật ngữ "kích thước hạt tinh thể (đường kính vòng tròn tương đương)" được sử dụng trong bản mô tả này chỉ đường kính của vòng tròn có cùng diện tích với hạt tinh thể mà cần được đo. Thuật ngữ "tổ chức tế vi của thép" được sử dụng trong bản mô tả này chỉ tổ chức tế vi của phần của ống thép mà ở ngoài vùng hàn điện trở, tức là, vùng kim loại cơ bản, mà được đo ở tâm chiều dày thành.

Tỷ lượng theo thể tích ferrit: Lớn hơn 30%, tỷ lượng theo thể tích bainit: 10% hoặc lớn hơn, và tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit: 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn

Do ferrit là tổ chức tế vi mềm, nên việc trộn ferrit với tổ chức tế vi rắn làm giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của thép. Để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mục tiêu theo sáng chế bởi hiệu quả có lợi nêu trên, tỷ lượng theo thể tích của ferrit cần phải là lớn hơn 30% và tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn. Để đạt được ứng suất đàn hồi mục tiêu, tỷ lượng theo thể tích của ferrit tốt hơn là nhỏ hơn 70% và tốt hơn nữa là 60% hoặc nhỏ hơn.

Bainit là tổ chức tế vi có độ cứng trung gian và làm tăng độ bền của thép. Tỷ lượng theo thể tích của bainit cần phải là 10% hoặc lớn hơn, do ứng suất đàn hồi và độ

bền kéo mục tiêu không đạt được chỉ nhờ ferrit. Tỷ lượng theo thể tích của bainit tốt hơn là 15% hoặc lớn hơn. Để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mục tiêu, tỷ lượng theo thể tích của bainit tốt hơn là nhỏ hơn 40% và tốt hơn nữa là 35% hoặc nhỏ hơn.

Nếu tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit nhỏ hơn 70%, thì không đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền hoặc độ dẻo dai mục tiêu trong sáng chế. Nếu tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit vượt quá 95%, ứng suất đàn hồi và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền mục tiêu trong sáng chế không đạt được. Do đó, cần giới hạn tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit ở 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn ngoài các tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit nêu trên. Tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit tốt hơn là 75% hoặc lớn hơn và 93% hoặc nhỏ hơn.

Phần còn lại: Một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha được chọn từ Peclit, Mactensit, và Auxtenit.

Do peclit, mactensit, và auxtenit là các tổ chức tế vi rắn nên chúng đặc biệt làm tăng độ bền kéo của thép. Hơn nữa, việc trộn peclit, mactenxit và auxtenit với ferit mềm làm giảm tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền của thép. Để tạo ra các hiệu quả có lợi nêu trên, tổng các tỷ lượng theo thể tích của peclit, mactensit và axtenit tốt hơn là 5% hoặc lớn hơn và 30% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 7% hoặc lớn hơn và 25% hoặc nhỏ hơn. Tổ chức tế vi còn lại có thể là tổ chức tế vi của một hoặc hai hoặc nhiều hơn các pha được chọn từ peclit, mactensit, và auxtenit.

Các tỷ lượng theo thể tích của ferrit, bainit, peclit, mactensit, và auxtenit có thể được đo bởi phương pháp được mô tả trong các Ví dụ dưới đây.

Khi các vùng được bao quanh bởi các ranh giới giữa các tinh thể liền kề có độ lệch hướng (độ lệch hướng tinh thể học) là 15° hoặc lớn hơn được xác định là các hạt tinh thể, kích thước hạt tinh thể trung bình: nhỏ hơn $7,0\ \mu\text{m}$, và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước là $40,0\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn: 30% hoặc nhỏ hơn

Như được mô tả ở trên, tổ chức tế vi của thép theo sáng chế là thép bao gồm các pha mềm và rắn theo kiểu hỗn hợp (ở dưới đây, thép này được đề cập đến là “thép nhiều pha”) để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền và ứng suất đàn hồi thấp mục tiêu trong sáng chế. Tuy nhiên, thép nhiều pha có độ dẻo dai thấp hơn thép một pha. Theo đó, trong sáng chế, giới hạn trên cho kích thước trung bình của các hạt tinh thể mà được xác

định là các vùng được bao quanh bởi các ranh giới giữa các tinh thể liền kề có độ lệch hướng tinh thể học là 15° hoặc lớn hơn được thiết lập để đạt được cả hai đặc tính cơ học và độ dẻo dai ưu việt nêu trên. Nếu kích thước trung bình của các hạt tinh thể là $7,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, các hạt ferrit không được tinh luyện đến mức đủ và, do đó, ứng suất đàn hồi và độ dẻo dai mục tiêu không đạt được. Kích thước trung bình của các hạt tinh thể tốt hơn là nhỏ hơn $6,0\text{ }\mu\text{m}$. Sự giảm ở kích thước hạt tinh thể trung bình làm tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Do đó, để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp, kích thước hạt tinh thể trung bình tốt hơn là $2,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là $4,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn.

Nhìn chung, phân bố kích thước hạt tinh thể của thép một pha hoặc thép tương tự thép một pha là phân bố loga chuẩn mà có một đỉnh và trở nên rộng ra và hẹp lại theo hướng trong đó biên thể lần lượt tăng và giảm. Tuy nhiên, phát hiện ra rằng phân bố kích thước hạt tinh thể của thép nhiều pha bao gồm ferrit và bainit như trong sáng chế có đỉnh khác thu được từ bainit ở phía hạt thô.

Cụ thể, phân bố kích thước hạt tinh thể của tổ chức tế vi của thép theo sáng chế, tức là, thép nhiều pha trong đó tỷ lượng theo thể tích của ferrit lớn hơn 30% và tỷ lượng theo thể tích của bainit là 10% hoặc lớn hơn, có đỉnh khác thu được từ bainit ở phía hạt thô. Điều này chỉ ra rằng các hạt bainit thô có mặt theo kiểu hỗn hợp. Sự có mặt của các hạt bainit thô dẫn đến sự suy yếu đáng kể của độ dẻo dai. Do đó, việc đặt giới hạn trên cho kích thước hạt tinh thể tối đa của thép nhiều pha không làm giới hạn tỷ lệ của các hạt bainit thô ở mức thấp. Do đó, để đạt được độ dẻo dai thích hợp, cũng cần phải đặt giới hạn trên cho tỷ lệ của các hạt tinh thể thô.

Bainit không phát triển vượt ra ngoài ranh giới của các hạt tinh thể có độ lệch hướng lớn (ranh giới hạt auxenit và ranh giới phụ được hình thành do sự tích tụ của sự lệch vị trí). Do đó, để ngăn sự hình thành các hạt bainit thô, đặc biệt hiệu quả là giảm thiểu nhiệt độ tại đó quá trình cán hoàn thiện được thực hiện trong bước cán nóng, đưa một lượng lớn các khối lệch sang auxenit để tăng diện tích các ranh giới phụ, và do đó hình thành cấu trúc hạt nhỏ mịn (sau đây, quá trình này được gọi là "tinh chế").

Độ dẻo dai của ống thép theo sáng chế có thể được tăng cường bằng cách tăng tổng diện tích của các ranh giới hạt mà có tác dụng chống lại sự gãy giòn. Trong sáng

ché, kết quả của các nghiên cứu thí điểm mới được phát hiện ra rằng không thể duy trì diện tích nhất định của ranh giới hạt đủ để đạt được độ dẻo dai cần thiết nếu tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể thô có kích thước 40,0 μm hoặc lớn hơn vượt quá 30%. Theo đó, trong sáng chế, kích thước hạt tinh thể trung bình được giới hạn nhỏ hơn 7,0 μm và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước 40,0 μm hoặc lớn hơn được giới hạn ở 30% hoặc nhỏ hơn. Tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước 40,0 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là 20% hoặc nhỏ hơn.

Độ lệch hướng tinh thể học, kích thước hạt tinh thể trung bình nêu trên và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước là 40,0 μm hoặc lớn hơn có thể được đo bằng phương pháp SEM/EBSD. Trong phương án này, phương pháp được mô tả trong các Ví dụ dưới đây có thể được sử dụng.

Trong sáng chế, các hiệu quả có lợi mô tả ở trên có thể được tạo ra ngay cả trong trường hợp tổ chức tế vi của thép có mặt trong khoảng $\pm 1,0$ mm từ tâm chiều dày thành theo hướng chiều dày thành. Do đó, cụm từ "tổ chức tế vi của thép tại tâm chiều dày thành" được sử dụng ở đây có nghĩa là tổ chức tế vi của thép nêu trên có mặt hoặc ở trong khoảng $\pm 1,0$ mm từ tâm chiều dày thành theo hướng chiều dày thành.

Lý do giới hạn ứng suất dư của ống thép hàn điện trở theo sáng chế được mô tả ở dưới đây.

Ứng suất dư do nén được tạo ra trong các bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép hàn điện trở theo sáng chế theo hướng trục là 250 MPa hoặc nhỏ hơn. Nếu ứng suất dư do nén của ống thép vượt quá 250 MPa, độ cứng của ống thép chống lại biến dạng nén theo hướng trục hoặc biến dạng nén của phần bên trong của đoạn uốn cong trong quá trình biến dạng uốn trở nên suy yếu và do đó, hiện tượng vênh có thể dễ dàng xảy ra. Theo đó, ứng suất dư nén tạo ra ở bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép theo hướng trục được giới hạn ở 250 MPa hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 200 MPa hoặc nhỏ hơn.

Đặc tính nén dọc trục của ống thép hàn điện trở theo sáng chế tốt hơn là thỏa mãn Công thức (1) dưới đây.

$$\epsilon_c \geq 35 \times t/D \cdots (1)$$

trong đó, trong Công thức (1), ϵ_c thể hiện biến dạng (%) mà tại đó tải trọng nén trong thử nghiệm nén dọc trục đạt đỉnh; D thể hiện đường kính ngoài (mm), và t thể hiện

chiều dày thành (mm).

Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo phương án của sáng chế được mô tả dưới đây.

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sản xuất bằng cách, ví dụ, tạo hình tấm thép cán nóng có thành phần hóa học nêu trên thành hình dạng trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội, tiếp theo, thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở, và giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho đường kính của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn. Theo cách khác, ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sản xuất bằng cách, ví dụ, nung nóng vật liệu thép có thành phần hóa học nêu trên đến nhiệt độ nung nóng là 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn, cán nóng vật liệu thép tại nhiệt độ cấp phối cán thô là 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện là 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn, sao cho tổng tỷ lệ giảm cán tại nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn 65% hoặc lớn hơn, sau đó thực hiện làm mát ở tốc độ làm mát trung bình là 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn, về nhiệt độ của tâm tấm thép theo hướng chiều dày, tiếp theo là thực hiện làm mát ở nhiệt độ cuộn là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn để tạo ra tấm thép cán nóng, tạo hình tấm thép cán nóng thành dạng hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội, tiếp theo là thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở, và giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn.

Trong phần mô tả về phương pháp sản xuất ở dưới, khi đề cập đến nhiệt độ, ký hiệu "°C" chỉ nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép hoặc tấm thép (tấm thép cán nóng) trừ khi có quy định cụ thể khác. Các nhiệt độ bề mặt này có thể được đo bằng nhiệt kế bức xạ hoặc tương tự. Nhiệt độ tâm của tấm thép theo hướng chiều dày có thể được xác định bằng cách tính toán sự phân bố nhiệt độ trong mặt cắt ngang của tấm thép bằng phân tích truyền nhiệt và hiệu chỉnh kết quả trên cơ sở nhiệt độ bề mặt của tấm thép. Thuật ngữ "thép tấm cán nóng" được sử dụng ở đây không chỉ dùng để chỉ tấm thép cán nóng mà còn dùng để chỉ dải thép cán nóng.

Trong sáng chế, không giới hạn phương pháp chuẩn bị vật liệu thép nóng chảy

(thanh thép hình) và có thể sử dụng bất kỳ phương pháp chuẩn bị thép nóng chảy nào đã biết bằng cách sử dụng bộ chuyển đổi, lò điện, lò nấu chảy chân không hoặc các phương pháp tương tự. Phương pháp đúc cũng không bị giới hạn. Tấm đúc có kích thước mục tiêu có thể được sản xuất bằng phương pháp đúc đã biết, chẳng hạn như đúc liên tục. Lưu ý rằng quy trình đúc-tấm có thể được sử dụng thay vì đúc liên tục mà không có vấn đề gì. Thép nóng chảy có thể tiếp tục được tinh luyện thứ cấp, chẳng hạn như tinh luyện bằng gáo.

Vật liệu thép tạo thành (thanh thép hình) được đưa vào cán nóng, trong đó vật liệu thép được nung nóng đến nhiệt độ nung nóng là 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn, sau đó cán thô ở nhiệt độ cấp phối cán thô là 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn, và sau đó được cán hoàn thiện ở nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện là 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn, sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn là 65% hoặc lớn hơn, để tạo ra tấm cán nóng.

Nhiệt độ nung nóng: 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn

Nếu nhiệt độ nung nóng nhỏ hơn 1100°C , khả năng chống biến dạng của thép được cán tăng lên và do đó, việc cán trở nên khó khăn. Mặt khác, nếu nhiệt độ nung nóng vượt quá 1300°C , các hạt auxtenit trở nên thô và các hạt auxtenit mịn không được hình thành trong bước cán tiếp theo (cán thô và cán kết thúc). Trong trường hợp này, rất khó để đạt được kích thước hạt tinh thể trung bình của tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở theo sáng chế. Hơn nữa, rất khó để ngăn chặn sự hình thành các hạt bainit thô. Điều này gây khó khăn cho việc kiểm soát tỷ lệ theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước $40,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn nằm trong khoảng theo sáng chế. Theo đó, nhiệt độ nung nóng trong bước cán nóng được giới hạn ở 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 1120°C hoặc lớn hơn và 1280°C hoặc nhỏ hơn.

Trong sáng chế, ngoài phương pháp thông thường, sau khi sản xuất thanh thép hình (thanh), thanh này được làm mát tạm thời đến nhiệt độ phòng và sau đó được làm nóng lại, quy trình cán tích điện nóng tiết kiệm năng lượng trong đó thanh nóng được nạp trực tiếp vào lò nung nóng mà không được làm mát đến nhiệt độ phòng hoặc trong đó cách nhiệt được thực hiện trong một thời gian ngắn và cán nóng sau đó được thực hiện ngay lập tức cũng có thể được sử dụng mà không có vấn đề gì.

Nhiệt độ cấp phối cán thô: 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn

Nếu nhiệt độ cấp phối cán thô nhỏ hơn 850°C, nhiệt độ bề mặt của tấm thép có thể được giảm đến nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi của ferrit trong bước cán hoàn thiện tiếp theo. Trong trường hợp này, lượng lớn ferrit biến dạng, mà làm tăng tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, nếu nhiệt độ cấp phối cán thô vượt quá 1150°C, lượng không thể thực hiện đủ lượng giảm cán trong phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại của auxtenit. Điều này khiến không thể hình thành các hạt auxtenit mịn và do đó, rất khó để đạt được kích thước hạt tinh thể trung bình của tổ chức tế vi của thép của ống thép hàn điện trở mà được mục tiêu trong sáng chế. Ngoài ra, rất khó để ngăn chặn sự hình thành các hạt bainit thô. Do đó, nhiệt độ cấp phối cán thô được giới hạn ở 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 860°C hoặc lớn hơn và 1000°C hoặc nhỏ hơn.

Nhiệt độ cấp phối cán thô: 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn

Nếu nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện nhỏ hơn 750°C, nhiệt độ bề mặt của tấm thép có thể giảm xuống nhiệt độ bằng hoặc nhỏ hơn nhiệt độ bắt đầu chuyển đổi ferrit trong bước cán hoàn thiện tiếp theo. Trong trường hợp này, lượng lớn ferrit biến dạng được hình thành, làm tăng tỷ lệ giới hạn chảy trên giới hạn bền. Mặt khác, nếu nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện vượt quá 850°C, thì không thể thực hiện đủ lượng giảm cán trong phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại của auxtenit. Điều này khiến không thể tạo thành các hạt auxtenit mịn và do đó, rất khó để đạt được kích thước hạt tinh thể trung bình của tổ chức tế vi của ống thép hàn điện trở trong sáng chế. Ngoài ra, rất khó để ngăn chặn sự hình thành các hạt bainit thô. Theo đó, nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện được giới hạn ở 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 770°C hoặc lớn hơn và 830°C hoặc nhỏ hơn.

Tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn: 65% hoặc lớn hơn

Trong sáng chế, các hạt con của auxtenit được tinh chế trong bước cán nóng để tinh chế ferrit, bainit, và tổ chức tế vi còn lại được hình thành trong các bước làm nguội và cuộn tiếp theo và do đó tạo thành tổ chức tế vi của ống thép hàn điện trở có độ bền và độ dẻo dai như mục tiêu. Để tinh chế các hạt nhỏ của auxtenit trong bước cán nóng, cần phải tăng tỷ lệ giảm cán trong phạm vi nhiệt độ không kết tinh lại của auxtenit và do đó

tạo ra biến dạng gia công đủ lớn. Để đạt được điều này, trong sáng chế, tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn được giới hạn ở 65% hoặc lớn hơn.

Nếu tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn ít hơn 65%, biến dạng gia công đủ lớn có thể không xuất hiện trong bước cán nóng. Trong trường hợp như vậy, tổ chức tế vi có kích thước hạt tinh thể mục tiêu trong sáng chế sẽ không được hình thành. Tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn tốt hơn là 70% hoặc lớn hơn. Mặc dù giới hạn trên cho tổng tỷ lệ giảm cán ở trên không được thiết lập, nhưng nếu tổng tỷ lệ giảm cán ở trên là $\geq 80\%$, thì hiệu quả của việc tăng tỷ lệ giảm cán để nâng cao độ dẻo dai sẽ bị giảm và chỉ tăng tải trọng máy tương ứng. Do đó, tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn tốt hơn là 80% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 75% hoặc nhỏ hơn.

Trong sáng chế, điều kiện "930°C hoặc nhỏ hơn" được thiết lập bởi vì, ở nhiệt độ lớn hơn 930°C, quá trình kết tinh lại của auxtenit xảy ra trong bước cán nóng và các sai lệch vị trí do cán có thể biến mất. Trong trường hợp này, các hạt auxtenit mịn không được hình thành.

Lưu ý rằng tổng tỷ lệ giảm cán là tổng tỷ lệ giảm cán của các lần cán trong phạm vi nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn.

Khi thanh thép hình được cán nóng, bước cán nóng có thể được thực hiện sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn là 65% hoặc lớn hơn bằng cả cán thô và cán hoàn thiện. Ngoài ra, cán nóng có thể được thực hiện sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn là 65% hoặc lớn hơn chỉ bằng cán hoàn thiện. Trong trường hợp thứ hai, khi không thể đạt được tổng tỷ lệ giảm cán 65% hoặc lớn hơn ở 930°C hoặc nhỏ hơn bằng cách chỉ cán hoàn thiện, thanh thép hình được làm nguội đến 930°C hoặc nhỏ hơn ở một số điểm giữa của cán thô sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở 930°C hoặc nhỏ hơn trong cả cán thô và cán hoàn thiện là 65% hoặc lớn hơn.

Trong sáng chế, mặc dù giới hạn trên cho chiều dày tấm cuối cùng (chiều dày của tấm thép đã được cán hoàn thiện) không được thiết lập, nhưng chiều dày tấm cuối cùng tốt hơn là lớn hơn 17 mm và là 30 mm hoặc nhỏ hơn để đạt được tỷ lệ giảm cán yêu cầu và kiểm soát nhiệt độ của tấm thép một cách phù hợp.

Sau bước cán nóng, thép tấm cán nóng được thực hiện bước làm nguội. Trong bước làm mát, làm mát được thực hiện sao cho tốc độ làm mát trung bình tại đó nhiệt độ

được hạ xuống nhiệt độ dừng làm mát là $10^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc lớn hơn và $30^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ dừng làm mát là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn.

qTốc độ làm mát trung bình từ khi bắt đầu làm mát đến khi dừng làm mát (làm mát xong): $10^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc lớn hơn và $30^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc nhỏ hơn

Nếu tốc độ làm mát trung bình mà tại đó bước làm mát được thực hiện từ khi bắt đầu làm mát đến khi dừng làm mát, mà được mô tả dưới đây, là nhỏ hơn $10^{\circ}\text{C} / \text{s}$ đối với nhiệt độ ở tâm của tấm thép cán nóng theo hướng chiều dày, tần số mà tại đó hạt nhân ferrit được hình thành giảm và các hạt ferrit trở nên thô. Trong trường hợp này, không thể điều chỉnh kích thước hạt tinh thể trung bình nhỏ hơn $7,0 \mu\text{m}$. Hơn nữa, rất khó để kiểm soát tỷ lệ theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước $40,0 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn nằm trong phạm vi mục tiêu trong sáng chế. Mặt khác, nếu tốc độ làm mát trung bình vượt quá $30^{\circ}\text{C} / \text{s}$, lượng lớn mactenxit được hình thành và tổng thể tích của ferit và bainit bị giảm xuống dưới 70%. Tốc độ làm mát trung bình tốt hơn là $15^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc lớn hơn và $25^{\circ}\text{C} / \text{s}$ hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, tốt hơn là nên bắt đầu làm mát ngay sau khi hoàn thành cán hoàn thiện, để ngăn sự hình thành ferit trên bề mặt của tấm thép được làm mát.

Nhiệt độ dừng làm mát: 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn

Nếu nhiệt độ dừng làm mát mà tại đó bước làm mát dừng lại là nhỏ hơn 450°C so với nhiệt độ của tâm tấm thép cán nóng theo chiều dày thì một lượng lớn mactenxit được hình thành và tổng thể tích của ferit và bainit được giảm xuống dưới 70%. Mặt khác, nếu nhiệt độ dừng làm mát là 650°C , tần số hình thành hạt nhân ferrit sẽ giảm và hạt ferrit trở nên thô. Ngoài ra, tỷ lệ theo thể tích của bainit không được lớn hơn 10% hoặc lớn hơn vì nhiệt độ dừng làm mát cao hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi bainit. Nhiệt độ dừng làm mát tốt hơn là 480°C hoặc lớn hơn và 620°C hoặc nhỏ hơn.

Lưu ý rằng, trong sáng chế, tốc độ làm mát trung bình là giá trị (tốc độ làm mát) được tính bằng ((Nhiệt độ của tâm của tấm thép cán nóng theo hướng chiều dày trước khi làm mát - Nhiệt độ của tâm của tấm thép cán nóng theo hướng chiều dày sau khi làm mát) / Khoảng thời gian mà quá trình làm mát được thực hiện) trừ khi có quy định khác. Ví dụ về phương pháp làm mát bao gồm phương pháp làm mát bằng nước, ví dụ: nước được phun từ vòi phun và phương pháp làm mát trong đó khí làm mát được phun. Trong

sáng chế này, nên đưa cả hai bề mặt của tấm thép cán nóng vào nguyên công làm mát (xử lý) sao cho cả hai bề mặt của tấm thép cán nóng được làm mát trong cùng một điều kiện.

Tiếp theo bước làm mát, bước cuộn trong đó thép tấm cán nóng được cuộn ở nhiệt độ cuộn 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn và sau đó được để làm mát tự nhiên được tiến hành.

Trong bước cuộn, tấm thép cán nóng được cuộn ở nhiệt độ cuộn là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn nếu xét đến tổ chức tế vi của tấm thép. Nếu nhiệt độ cuộn nhỏ hơn 450°C , một lượng lớn mactenxit được hình thành và tổng tỷ lượng theo thể tích của ferit và bainit có thể giảm xuống dưới 70%. Nếu nhiệt độ cuộn lớn hơn 650°C , tần số hình thành hạt nhân ferrit sẽ giảm và hạt ferrit trở nên thô. Ngoài ra, tỷ lượng theo thể tích của bainit có thể không lớn hơn 10% hoặc lớn hơn vì nhiệt độ cuộn cao hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi bainit. Nhiệt độ cuộn tốt hơn là 480°C hoặc lớn hơn và 620°C hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo bước cuộn, bước tạo ống được tiến hành. Trong bước tạo ống, tấm thép cán nóng được tạo hình thành ống hở hình trụ rỗng (ống thép tròn) bằng cách tạo hình cán và hàn điện trở, trong đó cả hai mép của ống hở tiếp giáp với nhau theo hướng chu vi của ống được làm nóng chảy bằng cách nung nóng điện trở cao tần và hàn áp lực với nhau bởi sự chèn bằng trục lăn ép, được thực hiện để tạo thành ống thép hàn điện trở. Ống thép hàn điện trở sau đó được xử lý kích thước, trong đó đường kính của ống hàn điện trở được giảm bớt bằng các trục được bố trí quay về các mặt trên, mặt dưới, bên trái và bên phải của ống thép hàn điện trở để điều chỉnh đường kính ngoài của ống thép đến giá trị mục tiêu.

Lượng chèn mà quá trình hàn điện trở được thực hiện tốt hơn là 20% hoặc lớn hơn so với chiều dày của tấm thép để cho phép các tạp chất làm suy yếu độ dẻo dai, chẳng hạn như oxit và nitrit, được thải ra cùng với thép nóng chảy. Tuy nhiên, nếu lượng chèn vượt quá 100% chiều dày của tấm thép, tải trọng tác dụng lên các trục lăn ép sẽ tăng lên. Theo đó, lượng chèn tốt hơn là 20% hoặc lớn hơn và 100% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn và 80% hoặc nhỏ hơn so với chiều dày của tấm thép.

Trong bước định cỡ được tiến hành sau khi hàn điện trở, cần phải giảm đường kính của ống thép sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn bởi tất cả các

giá được sử dụng trong bước định cỡ, để đạt được ứng suất dư của ống thép theo hướng trục được mục tiêu trong sáng chế. Tuy nhiên, nếu việc giảm đường kính được thực hiện sao cho tổng chu vi của ống thép giảm đi 2,0%, thì lượng uốn đó trong đó ống thép được uốn theo hướng trục khi đi qua các trục lăn ép sẽ tăng lên và, do đó, ứng suất dư tạo ra trong ống thép theo hướng trục sau khi giảm đường kính sẽ tăng lên một cách bất lợi. Hơn nữa, xảy ra hiện tượng cứng ống thép khi nguyên công nghiêm trọng. Điều này làm giảm độ dẻo dai và khả năng chống vênh. Theo đó, việc giảm đường kính được thực hiện sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn. Mức giảm chu vi của ống thép tốt hơn là 0,50% hoặc lớn hơn và 1,8% hoặc nhỏ hơn.

Trong bước định cỡ, nên thực hiện giảm đường kính trong nhiều giai đoạn với nhiều giá đỡ để giảm thiểu lượng uốn cong trong đó ống thép bị uốn theo hướng trục khi đi qua các trục lăn ép và hạn chế phát sinh ứng suất dư theo phương dọc trục của ống thép. Tốt hơn là giảm chu vi của ống thép đạt được với mỗi giá đỡ trong bước giảm đường kính là 1,0% hoặc nhỏ hơn.

Có thể xác định được ống thép có phải là ống thép hàn điện trở hay không bằng cách cắt ống thép hàn điện trở theo hướng vuông góc với hướng trục của ống thép, đánh bóng mặt cắt ngang của ống thép mà chứa vùng hàn (vùng hàn điện trở), khắc axit mặt cắt ngang, và sau đó soi mặt cắt ngang bằng kính hiển vi quang học. Ống thép được coi là ống thép hàn điện trở khi chiều rộng của vùng nóng chảy và đông đặc của vùng hàn (vùng hàn điện trở) theo hướng chu vi của ống thép là 1,0 μm hoặc lớn hơn và 1000 μm hoặc nhỏ hơn trên toàn bộ chiều dày của ống thép.

Chất khắc ăn mòn được sử dụng ở trên có thể được lựa chọn một cách thích hợp phù hợp với các thành phần cấu tạo của thép và loại ống thép. Vùng nóng chảy và đông đặc có thể được xác định bằng mắt thường là vùng (vùng nóng chảy và đông đặc 3) có tổ chức tế vi và độ tương phản khác với vùng kim loại cơ bản 1 hoặc vùng bị ảnh hưởng nhiệt hàn 2, như được minh họa trong sơ đồ của mặt cắt ngang được khắc trên Fig.1. Ví dụ, vùng nóng chảy và đông đặc của ống hàn điện trở bao gồm thép cacbon và thép hợp kim thấp có thể được xác định là vùng xuất hiện màu trắng trong mặt cắt khắc bằng nital khi được quan sát bằng kính hiển vi quang học và vùng nóng chảy và đông đặc của ống thép UOE bao gồm thép cacbon và thép hợp kim thấp có thể được xác định là vùng bao

gồm tổ chức tế vi đông đặc giống tế bào hoặc dendrit trong mặt cắt ngang được khắc nital khi quan sát bằng kính hiển vi quang học.

Ống hàn điện trở theo sáng chế được sản xuất theo phương pháp được mô tả ở trên. Ống hàn điện trở theo chế độ sáng chế có khả năng chống vênh ưu việt ngay cả trong trường hợp trong đó, cụ thể là chiều dày thành ống thép lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn. Ống thép hàn điện trở theo sáng chế cũng có độ bền cao và độ dẻo dai ưu việt.

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sử dụng thích hợp để xây dựng các công trình lớn, chẳng hạn như các đường ống dẫn và cột cho các công trình dân dụng và các kết cấu xây dựng, được yêu cầu phải có khả năng chống vênh nhất định khi xét đến khả năng chịu động đất và các sự cố tương tự.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Chi tiết của sáng chế được mô tả thêm khi tham khảo các Ví dụ bên dưới. Lưu ý rằng sáng chế không giới hạn ở các Ví dụ dưới đây.

Thép nóng chảy có các thành phần hóa học được mô tả trong Bảng 1 đã được chuẩn bị và tạo thành các thanh thép hình. Các thanh thép hình được đưa vào bước cán nóng, bước làm mát và bước cuộn trong các điều kiện được mô tả trong Bảng 2. Theo đó, các tấm thép cán nóng cho ống hàn điện trở có độ dày tấm cuối cùng (mm) được mô tả trong Bảng 2 đã được chuẩn bị.

Sau bước cuộn, từng tấm thép cán nóng được tạo hình thành ống thép tròn hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán, và các mép tiếp giáp của ống thép được liên kết với nhau bằng cách hàn điện trở. Sau đó, việc giảm đường kính được thực hiện bằng cách sử dụng các trục lăn ép được bố trí quay vào mặt trên, mặt dưới, bên trái và bên phải của ống thép tròn. Bằng cách này, các ống thép hàn điện trở có đường kính ngoài (mm) và độ dày thành (mm) được mô tả trong Bảng 2 đã được chuẩn bị.

Ống thép hàn điện trở có chiều dài 1800 mm theo hướng trục của ống thép được lấy từ mỗi trong số các ống thép hàn điện trở và được đưa vào phép đo ứng suất dư theo hướng trục của ống và thử nghiệm nén dọc trục.

Các mẫu thử nghiệm cũng được lấy từ mỗi trong số các ống thép hàn điện trở và chịu sự quan sát tổ chức tế vi, thử nghiệm độ bền kéo và thử nghiệm va đập Charpy được

mô tả dưới đây. Nhiều loại mẫu thử khác nhau được lấy từ vùng kim loại cơ bản, mà cách vùng hàn điện trở 90° theo hướng chu vi của ống.

[Phép đo ứng suất dư]

Phép đo ứng suất dư được tiến hành, bằng nhiễu xạ tia X, trên các mặt phẳng tiếp xúc bởi sự đánh bóng bằng điện bề mặt bên trong và bên ngoài của mỗi trong số các ống thép hàn điện trở tại tâm dọc của ống đến độ sâu 100 μm . Ứng suất dư được xác định theo hướng trục của ống. Phép đo được tiến hành tại vùng hàn điện trở và các vị trí cách nhau 30 độ so với vùng hàn điện trở theo hướng chu vi của ống, nghĩa là ở 24 vị trí đối với mỗi ống thép hàn điện trở. Ứng suất dư đo lớn nhất được xác định trên cơ sở kết quả đo tại 24 vị trí.

[Quan sát tổ chức tế vi]

Trong quan sát tổ chức tế vi, tổ chức tế vi có ở độ sâu $(1/4)t$ độ dày t của thành bên dưới bề mặt ngoài của ống thép được quan sát và hình ảnh của tổ chức tế vi được chụp bằng kính hiển vi quang học (độ phóng đại: 1000 lần) hoặc kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope - SEM, độ phóng đại: 1000 lần). Phần diện tích của ferrit, pearlit, bainit và tổ chức tế vi còn lại được xác định trên cơ sở hình ảnh kính hiển vi quang học và hình ảnh SEM.

Các phần diện tích của các tổ chức tế vi nêu trên được xác định bằng cách tiến hành các quan sát nên trên trong năm hoặc nhiều hơn trường nhìn và lấy giá trị trung bình của các phần được đo. Trong mục Ví dụ, các phần diện tích của các thành phần tổ chức tế vi được xác định bởi sự quan sát tổ chức tế vi được coi là các tỷ lệ theo thể tích của các thành phần tổ chức tế vi.

Ferrit là sản phẩm của quá trình biến đổi khuếch tán và xuất hiện như tổ chức tế vi gần như được phục hồi có mật độ lệch vị trí thấp. Các ví dụ về ferrit như vậy bao gồm ferrit đa giác và ferrit gần như đa giác. Bainit là tổ chức tế vi nhiều pha bao gồm lath ferrit có mật độ lệch vị trí cao và xi măng. Pearlite là tổ chức tế vi eutectic (ferrit + xi măng) bao gồm sắt và cacbua sắt và xuất hiện dưới dạng tổ chức tế vi hình phiến bao gồm ferrit tuyến tính và xi măng được sắp xếp xen kẽ. Martensite là tổ chức tế vi biến đổi ở nhiệt độ thấp, lath có mật độ lệch vị trí cao rõ rệt và có vẻ nhẹ hơn ferrit hoặc bainit trong hình ảnh SEM.

Trong hình ảnh kính hiển vi quang học và hình ảnh SEM, rất khó để phân biệt mactenxit và auxtenit với nhau. Do đó, tỷ lượng theo thể tích của mactenxit được xác định bằng cách tính phần diện tích của tổ chức tế vi được xác định là mactenxit hoặc auxtenit trong ảnh SEM và trừ tỷ lượng theo thể tích của auxtenit được đo bằng phương pháp mô tả dưới đây từ tỷ lệ diện tích nêu trên.

Tỷ lượng theo thể tích của auxtenit được đo bằng nhiễu xạ tia X. Mẫu thử để quan sát tổ chức tế vi được chuẩn bị bằng cách thực hiện mài sao cho mặt phẳng nhiễu xạ nằm ở độ sâu $(1/4)t$ độ dày thành t ở bên dưới bề mặt ngoài của ống thép và loại bỏ lớp xử lý bề mặt bằng cách đánh bóng hóa học. Trong phép đo, bức xạ Mo-K α đã được sử dụng. Tỷ lượng theo thể tích của auxtenit được tính toán trên cơ sở các cường độ tích phân của các mặt phẳng (200), (220) và (311) của sắt fcc và mặt phẳng (200) và (211) của sắt bcc.

Kích thước hạt tinh thể trung bình (đường kính vòng tròn tương đương trung bình) và tỷ lượng theo thể tích của hạt tinh thể có kích thước (đường kính vòng tròn tương đương) là 40,0 μm hoặc lớn hơn được đo bằng phương pháp SEM/EBSD. Đối với kích thước hạt tinh thể, người ta đo độ lệch hướng giữa các hạt tinh thể liền kề và ranh giới giữa các hạt tinh thể có độ lệch hướng 15° hoặc lớn hơn được coi là ranh giới hạt tinh thể. Giá trị trung bình số học của các cỡ hạt được xác định trên cơ sở ranh giới hạt tinh thể và được coi là cỡ hạt tinh thể trung bình. Vùng đo là $500\ \mu\text{m} \times 500\ \mu\text{m}$, và kích thước bước đo là 0,5 μm . Trong phân tích kích thước hạt tinh thể, các hạt tinh thể có kích thước nhỏ hơn 2,0 μm được coi là nhiễu đo lường và bị loại khỏi mục tiêu phân tích. Phần diện tích thu được được coi là bằng tỷ lượng theo thể tích.

[Thử nghiệm độ bền kéo]

Trong thử nghiệm độ bền kéo, mẫu thử kéo JIS số 5 được lấy sao cho hướng kéo của mẫu thử kéo song song với hướng dọc của ống. Thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện theo các quy trình được xác định trong JIS Z 2241. Ứng suất đàn hồi YS (MPa) và độ bền kéo TS (MPa) được đo. Tỷ số giới hạn trên giới hạn bền YR (%) được định nghĩa là $(YS / TS) \times 100$ đã được tính toán. Lưu ý rằng ứng suất đàn hồi YS là ứng suất dòng chảy ở biên dạng danh định là 0,5%.

[Kiểm tra tác động Charpy]

Trong thử nghiệm va đập Charpy, mẫu thử có khía chữ V được lấy từ mỗi trong số các ống thép hàn điện trở tại tâm chiều dày của tấm thép sao cho hướng dọc của mẫu thử song song với hướng chu vi của ống thép (vuông góc với phương dọc của ống thép). Thử nghiệm được thực hiện ở nhiệt độ -40°C theo các quy trình được xác định trong JIS Z 2242 để đo năng lượng hấp thụ. Số lượng mẫu thử được lấy từ mỗi ống thép là ba và trung bình của năng lượng hấp thụ của ba mẫu thử được sử dụng làm năng lượng hấp thụ của ống thép hàn điện trở.

[Thử nghiệm nén dọc trục]

Tấm chịu áp lực được gắn vào cả hai đầu của ống thép và thử nghiệm nén dọc trục được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị thử nghiệm nén lớn. Biến dạng tại đó tải trọng nén đạt đến đỉnh được coi là biến dạng bắt đầu vênh ε_c (%). Đánh giá "Đạt" được đưa ra khi biến dạng bắt đầu vênh ε_c (%) thỏa mãn Công thức (1) dưới đây.

$$\varepsilon_c \geq 35 \times t/D \cdots (1)$$

trong đó, trong Công thức (1), D đại diện cho đường kính ngoài (mm) và t đại diện cho độ dày của thành (mm).

Bảng 3 liệt kê các kết quả.

[Bảng 1]

Ổng thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng)																Nhật xét
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Ti	V	Cr	Mo	Cu	Ni	Ca	B	
1	0,141	0,34	1,82	0,014	0,0073	0,051	0,0033	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Thép hợp cách
2	0,218	0,09	1,23	0,021	0,0008	0,037	0,0024	0,030	0,024	0,011	-	-	-	-	-	-	Thép hợp cách
3	0,064	0,45	0,62	0,006	0,0014	0,022	0,0045	0,021	0,015	-	0,34	0,28	-	-	-	-	Thép hợp cách
4	0,507	0,12	0,77	0,012	0,0004	0,043	0,0032	0,015	0,011	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
5	0,035	0,33	1,19	0,025	0,0080	0,018	0,0029	0,027	0,018	-	-	-	0,11	0,07	-	-	Thép so sánh
6	0,162	2,13	0,98	0,018	0,0035	0,029	0,0041	0,039	0,020	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
7	0,134	0,01	1,35	0,008	0,0005	0,044	0,0037	0,011	0,011	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
8	0,140	0,15	3,15	0,011	0,0026	0,025	0,0026	0,020	0,022	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
9	0,186	0,09	0,37	0,009	0,0019	0,030	0,0031	0,008	0,030	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
10	0,125	0,20	0,83	0,024	0,0011	0,026	0,0026	0,024	0,023	-	-	-	-	-	-	-	Thép hợp cách
11	0,091	0,35	0,95	0,007	0,0006	0,040	0,0040	0,016	0,024	-	-	-	-	-	-	-	Thép hợp cách
12	0,173	0,14	0,82	0,005	0,0010	0,030	0,0027	0,009	0,011	-	-	-	0,15	0,21	0,0013	0,0005	Thép hợp cách

· Các thành phần cấu tạo ngoài các thành nêu trên là phần còn lại của Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

· Các giá trị gạch chân là nằm ngoài phạm vi của sáng chế,

[Bảng 2]

Ổng thép số	Bước cán nóng				Bước làm mát		Bước cuộn	Bước định cỡ	Kích thước của ống thép		Nhận xét
	Nhiệt độ nung nóng (°C)	Nhiệt độ cấp cán (°C)	Nhiệt độ phối cán hoàn thiện (°C)	Tổng tỷ giảm nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn (%)	Tốc làm mát trung bình (°C/s)	Nhiệt độ làm mát (°C)			Tỷ giảm đường kính (%)	Đường kính ngoài D (mm)	
1	1210	880	790	72	17	560	540	0,83	406,4	23,8	Ví dụ theo sáng chế
2	1180	920	820	74	23	535	520	1,15	406,4	22,2	Ví dụ theo sáng chế
3	1200	1010	840	68	24	580	555	0,66	508,0	25,4	Ví dụ theo sáng chế
4	1200	870	800	71	13	560	550	1,53	609,6	22,2	Ví dụ so sánh
5	1230	960	810	67	15	590	570	0,95	400,0	19,0	Ví dụ so sánh
6	1190	990	820	70	12	550	530	0,87	400,0	19,0	Ví dụ so sánh
7	1250	870	790	74	15	610	595	1,32	406,4	22,2	Ví dụ so sánh
8	1240	900	840	68	16	530	515	1,24	406,4	22,2	Ví dụ so sánh
9	1170	910	770	66	20	560	540	1,44	600,0	19,0	Ví dụ so sánh
10	1240	1130	830	62	24	600	580	1,35	406,4	20,6	Ví dụ so sánh
11	1280	1020	840	71	19	540	520	0,28	609,6	23,8	Ví dụ so sánh
12	1220	1010	820	73	18	510	490	0,61	508,0	23,8	Ví dụ theo sáng chế

· Các giá trị gạch chân là ở ngoài phạm vi của sáng chế.

Bảng 3]

Bảng 3]		Tổ chức tế vi của thép										Ứng suất dư trong các bề mặt của ống thép		Đặc tính cơ học						Nhận xét
Ổng thép số	Loại	Tỷ lượng theo thể tích (%)						Phân bố kích thước hạt tinh thể		Ứng suất dư đo nén tối đa (MPa)	YS (MPa)	TS (MPa)	YR (%)	Năng lượng hấp thụ Charpy ở độ -40°C (J)	35t/D	Biến dạng bất đầu vênh (%)	Ví dụ theo sáng chế	Ví dụ theo sáng chế	Ví dụ theo sáng chế	
		F	B	F+B	P	M	A	Kích thước hạt tinh thể trung bình (μm)	Tỷ lượng theo thể tích của các hạt có kích thước 40 μm hoặc lớn hơn (%)											
1	F+B+P	58	33	91	9	0	0	5,3	15	193	457	526	86,9	143	2,05	2,7	Ví dụ theo sáng chế			
2	F+B+P	55	26	81	19	0	0	4,7	8	176	481	563	85,4	184	1,91	2,5	Ví dụ theo sáng chế			
3	F+B+P	46	49	95	5	0	0	6,1	11	223	493	570	86,5	108	1,75	2,4	Ví dụ theo sáng chế			

4	F+B+P+M+A	32	36	<u>68</u>	17	11	4	6,2	24	180	515	620	83,1	31	1,27	1,7	Ví dụ so sánh
5	F+B+P	51	43	94	6	0	0	6,8	17	215	368	401	91,8	109	1,66	1,7	Ví dụ so sánh
6	F+B+P	39	47	86	14	0	0	4,9	19	160	499	543	91,9	56	1,66	1,8	Ví dụ so sánh
7	F+B+P	61	19	80	20	0	0	3,5	28	165	352	417	84,4	132	1,91	2,5	Ví dụ so sánh
8	F+B+P	58	33	91	9	0	0	5,5	16	151	506	554	91,3	97	1,91	2,0	Ví dụ so sánh
9	F+B+P	61	24	85	15	0	0	<u>8,1</u>	<u>35</u>	234	373	455	82,0	19	1,11	1,4	Ví dụ so sánh
10	F+B+P	48	39	87	13	0	0	4,9	<u>42</u>	190	467	536	87,1	27	1,77	2,4	Ví dụ so sánh
11	F+B+P	57	34	91	9	0	0	5,8	22	<u>272</u>	490	574	85,4	95	1,37	1,2	Ví dụ so sánh
12	F+B+P	55	32	87	11	2	0	5,1	17	157	483	558	86,6	169	1,64	2,1	Ví dụ theo sáng chế

· Các giá trị gạch chân là nằm ngoài phạm vi của sáng chế

□ F: ferrit, P: peclit, B: bainit, M: mactensit, A: auxtenit

Trong Bảng 3, ống thép các số 1 đến 3 và 12 tương ứng với các Ví dụ theo sáng chế, trong khi các ống thép số 4 đến 11 tương ứng với các ví dụ so sánh.

Các thành phần hóa học của ống thép hàn điện trở được chuẩn bị trong các ví dụ theo sáng chế đều chứa C: 0,040% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,10% hoặc nhỏ hơn, S: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên. Hơn nữa, tổ chức tế vi của thép được bao gồm, theo thể tích, ferrit: lớn hơn 30%, và bainit: 10% hoặc lớn hơn, và tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit là 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại một hoặc hai hoặc nhiều hơn pha được chọn từ peclit, mactensit, và auxtenit. Ngoài ra, kích thước trung bình của các hạt tinh thể (đường kính vòng tròn tương đương trung bình) là nhỏ hơn 7,0 μm , và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước (đường kính vòng tròn tương đương) là 40,0 μm hoặc lớn hơn 30% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, ứng suất dư do nén được tạo ra trong các bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép hàn điện trở theo hướng trục của ống thép là 250 MPa hoặc nhỏ hơn.

Đối với các đặc tính cơ học của mỗi trong số các ống thép hàn điện trở được chuẩn bị trong các ví dụ theo sáng chế, ứng suất đàn hồi là 450 MPa hoặc lớn hơn, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền là 90% hoặc nhỏ hơn, năng lượng hấp thụ Charpy tại nhiệt độ -40°C là 70 J hoặc lớn hơn, và biến dạng bắt đầu vĩnh viễn thỏa mãn Công thức (1).

Ngược lại, trong ống thép số 4, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng C vượt khoảng theo sáng chế, tổng tỷ lượng theo thể tích của ferrit và bainit không đạt đến giá trị mục tiêu, và kết quả là, năng lượng hấp thụ Charpy ở nhiệt độ -40°C không đạt đến giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 5, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng C ở dưới khoảng theo sáng chế, ứng suất đàn hồi và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền không đạt đến các giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 6, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng Si ở trên khoảng theo sáng chế, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền và năng lượng hấp thụ Charpy tại

nhệt độ -40°C không đạt đến các giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 7, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng Si ở dưới khoảng theo sáng chế, ứng suất đàn hồi không đạt đến giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 8, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng Mn ở trên khoảng theo sáng chế, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền không đạt đến giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 9, mà là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng Mn ở dưới khoảng sáng chế, kích thước trung bình của các hạt tinh thể và tổng tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước là $40,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn không đạt đến các giá trị mục tiêu và, kết quả là, ứng suất đàn hồi và năng lượng hấp thụ Charpy ở nhiệt độ -40°C không đạt đến các giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 10, mà là ví dụ so sánh trong đó tổng tỷ lệ giảm cán tại nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn là thấp, tổng tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước là $40,0\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn không đạt đến giá trị mục tiêu và, kết quả là, năng lượng hấp thụ Charpy ở nhiệt độ tại -40°C không đạt đến giá trị mục tiêu.

Trong ống thép số 11, mà là ví dụ so sánh trong đó sự giảm đường kính được thực hiện trong bước định cỡ là thấp, ứng suất dư do nén không đạt đến giá trị mục tiêu và, do đó, biến dạng bắt đầu vênh không đạt đến giá trị mục tiêu.

Danh sách các số chỉ dẫn

- 1 Vùng kim loại cơ bản
- 2 Vùng bị ảnh hưởng nhiệt hàn
- 3 Vùng nóng chảy và hóa rắn

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống thép hàn điện trở bao gồm vùng kim loại cơ bản và vùng hàn điện trở, vùng kim loại cơ bản bao gồm:

thành phần hóa học chứa, theo khối lượng,

C: 0,040% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

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

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên; và tổ chức tế vi của thép có:

theo thể tích, ferit: lớn hơn 30%, và bainit: 10% hoặc lớn hơn, tổng tỷ lượng theo thể tích của ferit và bainit là 70% hoặc lớn hơn và 95% hoặc nhỏ hơn, với phần còn lại là một hoặc hai hoặc nhiều pha được chọn từ peclit, mactenxit và austenit; và

khi các vùng được bao quanh bởi ranh giới giữa các tinh thể liền kề có độ lệch hướng sai 15° hoặc lớn hơn được xác định là các hạt tinh thể, kích thước trung bình của các hạt tinh thể nhỏ hơn $7,0\ \mu\text{m}$, và tỷ lượng theo thể tích của các hạt tinh thể có kích thước $40,0\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn là 30% hoặc nhỏ hơn;

trong đó ứng suất dư do nén tạo ra ở các bề mặt bên trong và bên ngoài của ống thép hàn điện trở theo hướng trục của ống thép hàn điện trở là 250 MPa hoặc nhỏ hơn, năng lượng hấp thụ Charpy của ống thép hàn điện trở ở nhiệt độ -40°C là 70 J hoặc lớn hơn, và biến dạng bắt đầu uốn dọc ϵ_c (%) của ống thép hàn điện trở được đo bởi thử nghiệm nén dọc trục thỏa mãn Công thức (1) dưới đây:

$$\epsilon_c \geq 35 \times t/D \cdots (1)$$

trong đó, trong Công thức (1), ϵ_c thể hiện biến dạng (%) mà tại đó tải trọng nén được áp vào trong thử nghiệm nén dọc trục đạt đỉnh; D thể hiện đường kính ngoài (mm), và t thể hiện chiều dày thành (mm) của ống thép hàn điện trở.

2. Ống thép hàn điện trở theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học còn chứa, theo khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ,

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

3. Ống thép hàn điện trở theo điểm 1 hoặc 2, có chiều dày thành lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

4. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, phương pháp này bao gồm các bước:

tạo hình tấm thép cán nóng có thành phần hóa học thành hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội và sau đó thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở; và giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn.

5. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, phương pháp này bao gồm các bước:

nung nóng vật liệu thép có thành phần hóa học đến nhiệt độ nung nóng là 1100°C hoặc lớn hơn và 1300°C hoặc nhỏ hơn;

cán nóng vật liệu thép ở nhiệt độ cấp phối cán thô là 850°C hoặc lớn hơn và 1150°C hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ cấp phối cán hoàn thiện là 750°C hoặc lớn hơn và 850°C hoặc nhỏ hơn, sao cho tổng tỷ lệ giảm cán ở nhiệt độ 930°C hoặc nhỏ hơn là 65% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện làm mát ở tốc độ làm mát trung bình là 10°C / s hoặc lớn hơn và 30°C / s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ dừng làm mát là 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn, về nhiệt độ của tâm tấm thép theo hướng chiều dày của tấm thép;

sau đó thực hiện cuộn ở nhiệt độ cuộn 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn để tạo ra tấm thép cán nóng;

tạo hình tấm thép cán nóng thành hình trụ rỗng bằng cách tạo hình cán nguội và sau đó thực hiện hàn điện trở để tạo ra ống thép hàn điện trở; và

giảm đường kính của ống thép hàn điện trở sao cho chu vi của ống thép giảm 0,30% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn.

6. Đường ống dẫn bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.

7. Kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.

1 / 1

FIG. 1

