



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

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

(11)



1-0052467

(51)<sup>2020.01</sup> C22C 38/00; B21C 37/08; C22C 38/58; (13) B  
C22C 38/06; B21B 1/22; C21D 8/02

(21) 1-2022-03001

(22) 10/11/2020

(86) PCT/JP2020/041808 10/11/2020

(87) WO2021/100534 27/05/2021

(30) 2019-209233 20/11/2019 JP

(45) 27/10/2025 451

(43) 25/08/2022 413A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) MATSUMOTO Akihide (JP); MATSUMOTO Atsushi (JP); IDE Shinsuke (JP);  
OKABE Takatoshi (JP).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG DÙNG CHO ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ VÀ  
PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO TẤM THÉP CÁN NÓNG NÀY, ỐNG THÉP HÀN  
ĐIỆN TRỞ VÀ PHƯƠNG PHÁP CHẾ TẠO ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ NÀY,  
ỐNG DẪN, VÀ KẾT CẤU XÂY DỰNG

(21) 1-2022-03001

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng, ống thép hàn điện trở và phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở, ống dẫn, và kết cấu xây dựng. Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và cho độ dày tấm là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng dùng cho các ống thép hàn điện trở, tấm thép cán nóng có độ dai ưu việt, độ bền cao, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp và được sử dụng một cách thích hợp làm vật liệu cho các kết cấu lớn, như các ống dẫn và cột cho các công trình xây dựng, và phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng. Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở vách dày có độ dai ưu việt, độ bền cao, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp và được sử dụng một cách thích hợp cho các kết cấu lớn, như các ống dẫn và cột cho các công trình xây dựng, và phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở vách dày. Sáng chế cũng đề cập đến ống dẫn và kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở được đề cập ở trên.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Ống thép hàn điện trở được chế tạo bằng cách liên tục mở và cấp liệu tấm thép cán nóng và được cuộn (dải thép), đưa tấm thép cán nóng vào tạo hình cán nguội thành ống hình trụ hở, thực hiện hàn điện trở trong đó các phần đối đầu ở cả hai đầu chu vi của ống hở được làm nóng chảy bằng cách gia nhiệt điện trở cao tần và hàn áp lực được thực hiện bằng cách đảo ngược với các trục lăn ép, và làm giảm đường kính đến đường kính ngoài được xác định trước với các trục lăn định cỡ.

Như được mô tả ở trên, ống thép hàn điện trở được tạo ra liên tục trong quá trình tạo hình nguội và do đó có các ưu điểm, như năng suất cao và độ chính xác hình dạng cao. Tuy nhiên, ống thép hàn điện trở được làm cứng nguội trong quy trình sản xuất ống và do đó có tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo của ống theo hướng dọc cao hơn tấm thép cán nóng được sử dụng làm vật liệu của ống thép hàn điện trở, dẫn đến bất lợi ở khả năng biến dạng thấp của ống, ví dụ, trong biến dạng uốn.

Ổng thép hàn điện trở vách dày hơn dẫn đến làm cứng nguội tốt hơn trong quy trình sản xuất ống, dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn sau khi sản xuất ống. Do đó khó sử dụng ống thép hàn điện trở vách dày cho các kết cấu lớn, như các ống dẫn và cột cho các công trình xây dựng, được yêu cầu có các tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp theo quan điểm về khả năng chống động đất.

Ví dụ, Tài liệu sáng chế 1 mô tả ống thép hàn điện trở vách dày trong đó cấu trúc tế vi kim loại của tấm thép cơ bản chứa 50% đến 92% ferit đa giác về phần diện tích, ferit đa giác ở trên có kích thước hạt trung bình là 15  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn, phần hàn điện trở có độ cứng Hv từ 160 đến 240, và cấu trúc tế vi của phần hàn điện trở ở trên bao gồm bainit, ferit hạt mịn, và peclit, hoặc ferit hạt mịn và bainit.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Bằng sáng chế Nhật Bản số 5293903

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, ống thép hàn điện trở được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1 không thể đạt được cả độ bền và độ dai cần thiết cho các ống dẫn và các kết cấu xây dựng vì tấm thép cơ bản chứa 50% đến 92% ferit đa giác về phần diện tích. Ngoài ra, đối với các ống thép hàn điện trở vách dày có độ dày vách lớn hơn 17 mm, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp cần thiết không thể thu được bởi khả năng làm cứng nguội của ferit không đủ.

Khi các ống thép hàn điện trở được sử dụng cho các ống dẫn, chúng được yêu cầu có độ bền để chịu được áp suất bên trong của chất lỏng được vận chuyển và độ dai để ngăn ngừa sự lan truyền vết nứt tại thời điểm hình thành vết nứt. Khi các ống thép hàn điện trở được sử dụng làm các cột cho các công trình xây dựng, chúng cần có độ bền và độ dai để chịu được các lực uốn và tác động xuất hiện trong lúc động đất. Vì lý do này, có được yêu cầu có độ bền cao là 450 MPa hoặc cao hơn đối với giới hạn chảy và độ dai là

-60°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đối với tấm thép cán nóng, hoặc độ dai là -40°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đối với phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở.

Sáng chế đã được thực hiện trên cơ sở các vấn đề được đề cập ở trên và nhằm mục đích cung cấp tấm thép cán nóng dùng cho các ống thép hàn điện trở, tấm thép cán nóng có độ dai ưu việt, độ bền cao, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp và được sử dụng một cách thích hợp làm vật liệu cho các kết cấu lớn, như các ống dẫn và cột cho các công trình xây dựng, phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng, ống thép hàn điện trở vách dày, và phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở vách dày. Sáng chế cũng nhằm mục đích cung cấp ống dẫn và kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở được đề cập ở trên.

Thuật ngữ "độ dai ưu việt" được sử dụng trong sáng chế chỉ ra rằng nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn của tấm thép cán nóng trong thử nghiệm va đập Charpy được tiến hành bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ dưới đây là 60°C hoặc thấp hơn, và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở trong thử nghiệm va đập Charpy được tiến hành bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ dưới đây là -40°C hoặc thấp hơn.

Thuật ngữ "độ bền cao" được sử dụng trong sáng chế chỉ ra rằng giới hạn chảy (YS) của mỗi tấm thép cán nóng và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở là 450 MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy được xác định bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ dưới đây.

Thuật ngữ "tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp (tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo (YR<sub>p</sub>) (%), được biểu diễn bằng phương trình (1), của tấm thép cán nóng tương ứng với tỷ số sau khi sản xuất ống là 90,0% hoặc nhỏ hơn. Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo (YR) của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở (= (giới hạn chảy của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở/giới hạn bền kéo của

phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở)  $\times 100$ ) (%) là 90,0% hoặc nhỏ hơn.

$YR_P = (4,0FS/TS) \times 100$  ...phương trình (1)

Trong phương trình (1), "4,0FS" là ứng suất dòng chảy (MPa) ở biến dạng danh nghĩa 4,0%, và TS là giới hạn bền kéo (MPa) của tấm thép cán nóng.

Giới hạn chảy và giới hạn bền kéo của mỗi tấm thép cán nóng và ống thép hàn điện trở đã được xác định bằng các phương pháp được mô tả trong các ví dụ dưới đây. Theo sáng chế, biến dạng danh nghĩa là giá trị thu được bằng cách chia độ dịch chuyển của độ dài chuẩn đo của tiết diện song song của mẫu thử nghiệm được đo bằng giãn kế trong thử nghiệm độ bền kéo cho độ dài chuẩn đo trước thử nghiệm độ bền kéo và sau đó nhân giá trị kết quả với 100.

Thuật ngữ "vách dày" chỉ ra rằng độ dày tấm của tấm thép cán nóng ở trên và độ dày vách của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

#### Giải pháp kỹ thuật

Các tác giả đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu để giải quyết các vấn đề trên.

Thông thường, ống thép hàn điện trở chứa C (cacbon), như nguyên tố chất tan xen kẽ, với lượng lớn hơn giới hạn hòa tan ở nhiệt độ phòng, và lượng C vượt quá giới hạn hòa tan trong thép được kết tủa dưới dạng các cacbua.

Như với C, N (nitơ) cũng là nguyên tố chất tan xen kẽ trong thép, và lượng N vượt quá giới hạn hòa tan trong thép được kết tủa dưới dạng các nitrua. Giới hạn hòa tan của N (nitơ) trong thép ở nhiệt độ phòng cao hơn giới hạn hòa tan của C trong thép ở nhiệt độ phòng. Do đó, số lượng nguyên tử N có thể được hòa tan trong thép lớn hơn số lượng nguyên tử C có thể được hòa tan trong thép.

Các tác giả đã nghiên cứu các tính chất cơ học của tấm thép cán nóng làm vật liệu khi lượng N được hòa tan trong thép được tăng lên, và ống thép hàn điện trở được chế tạo bằng cách sản xuất ống từ vật liệu và nhận thấy rằng khả năng làm cứng nguội của vật liệu được cải thiện bằng cách tăng lượng N được hòa tan trong thép và tỷ số giới hạn

chảy trên giới hạn bền kéo thấp thu được sau khi sản xuất ống. Tuy nhiên, người ta cũng nhận thấy rằng N được ghim vào các điểm lệch mạng được đưa vào trong quá trình sản xuất ống gây ra sự suy giảm độ dai.

Các tác giả đã tiến hành thêm các nghiên cứu chuyên sâu và nhận thấy rằng trong trường hợp mà kích thước hạt trung bình của cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  ( $t$ : độ dày tấm, độ dày vách) của tấm thép cán nóng và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở (nghĩa là, đối với tấm thép cán nóng, "vị trí  $1/2$  của độ dày tấm  $t$ ", và đối với ống thép hàn điện trở, "vị trí  $1/2$  của độ dày vách  $t$  của phần thép cơ bản", và tương tự áp dụng sau đây) là  $20,0\text{ }\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn và trong đó hàm lượng N được thiết lập thích hợp, độ dai ưu việt, độ bền cao, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp được cung cấp.

Sáng chế đã được hoàn thiện trên cơ sở những phát hiện này, và ý chính của chúng được mô tả dưới đây.

[1] Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng:

C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn,

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

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn,

phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

trong đó N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và

cho độ dày tấm là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là  $20,0\text{ }\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

[2] Trong tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở được mô tả trong [1], thành phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ:

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

[3] Trong tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục [1] hoặc [2], cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích, và phần còn lại chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit.

[4] Trong tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục bất kỳ từ [1] đến [3], độ dày tấm lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

[5] Phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục bất kỳ từ [1] đến [4] bao gồm:

bước gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học theo mục [1] hoặc [2] đến nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn;

sau đó thực hiện bước cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện: 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện: 750°C hoặc cao hơn và 850°C hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện bước làm mát ở tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn



và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm; và sau đó

thực hiện bước cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn.

[6] Ống thép hàn điện trở bao gồm phần thép cơ bản và phần hàn điện trở,

trong đó phần thép cơ bản có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng:

C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn,

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

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn,

phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và

cho độ dày vách của phần thép cơ bản là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  của phần thép cơ bản có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

[7] Trong ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục [6], thành phần hóa học của phần thép cơ bản còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ:

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

[8] Trong ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục [6] hoặc [7], cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t của phần thép cơ bản chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích, và phần còn lại chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit.

[9] Trong ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục bất kỳ từ [6] đến [8], độ dày vách của phần thép cơ bản lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

[10] Phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở bao gồm bước đưa tấm thép cán nóng được mô tả trong mục [1] hoặc [2] vào tạo hình cán nguội thành ống hở có dạng hình trụ, cho phép cả hai phần đầu chu vi của ống hở đối đầu với nhau, và thực hiện hàn điện trở.

[11] Phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở bao gồm:

bước gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học được mô tả trong mục [1] hoặc [2] đến nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn;

sau đó thực hiện bước cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện: 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện: 750°C hoặc cao hơn và 850°C hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện bước làm mát ở tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm;

sau đó thực hiện bước cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn để cung cấp tấm thép cán nóng; và sau đó

bước đưa tấm thép cán nóng vào tạo hình cán nguội thành ống hở có dạng hình trụ, cho phép cả hai phần đầu chu vi của ống hở đối đầu với nhau, và thực hiện hàn điện trở.

[12] Ống dẫn bao gồm ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục bất kỳ từ [6] đến [9].

[13] Kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở được mô tả trong mục bất kỳ từ [6] đến [9].

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể cung cấp tấm thép cán nóng cho ống thép hàn điện trở có độ dai ưu việt, độ bền cao, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp, phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng, ống thép hàn điện trở vách dày, và phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở vách dày. Theo sáng chế, cũng có thể cung cấp ống dẫn và kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở có các đặc điểm này.

### **Mô tả vắn tắt các hình vẽ**

Fig.1 là hình vẽ mặt cắt ngang, vuông góc với hướng trục ống, minh họa lân cận của vùng hàn của ống thép hàn điện trở theo phương án của sáng chế.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Sáng chế không bị giới hạn ở các phương án được mô tả dưới đây. Trong ống thép hàn điện trở, khi phần hàn điện trở được thiết lập ở  $0^\circ$  trong mặt cắt ngang chu vi của ống, thành phần hóa học và cấu trúc tế vi thép được quy định cho phần thép cơ bản cách  $90^\circ$  so với phần hàn điện trở. Trong khi vị trí cách  $90^\circ$  so với phần hàn điện trở được quy định ở đây, có thể thu được cùng thành phần hóa học và cấu trúc tế vi thép, ví dụ, ở vị trí cách  $180^\circ$  so với phần hàn điện trở.

Tấm thép cán nóng của sáng chế dùng cho ống thép hàn điện trở có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0070% hoặc lớn hơn và

0,10% hoặc nhỏ hơn, và Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và cho độ dày tấm là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

Phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và cho độ dày vách của phần thép cơ bản là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

Các lý do giới hạn thành phần hóa học của tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả. Trừ khi được quy định cụ thể, "%" được sử dụng để chỉ ra thành phần hóa học đề cập đến "% khối lượng".

C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn

C là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn và cải thiện khả năng làm cứng nguội của thép bằng cách ức chế sự phục hồi của lệch mạng trong quá trình biến dạng do thực tế là C được ghim vào các điểm lệch mạng để ức chế chuyển động của chúng. Để thu được độ bền mục tiêu và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo theo sáng chế, C cần được chứa với lượng 0,030% hoặc lớn hơn. Hàm lượng C lớn hơn 0,20%, tuy nhiên, dẫn đến các tỷ lệ cao của mactensit và peclit cứng, do đó làm giảm độ dai. Theo đó, hàm lượng C là 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn là 0,035% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 0,19% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn nữa là 0,040% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,18% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C thậm chí tốt hơn nữa là 0,050% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,15% hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn

Si là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn, và có thể được chứa nếu cần. Để đạt được hiệu quả này, Si mong muốn được chứa với lượng 0,02% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Si lớn hơn 1,0%, tuy nhiên, dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Theo đó, hàm lượng Si là 1,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 0,80% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn nữa là 0,05% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,50% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si thậm chí tốt hơn nữa là 0,15% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,30% 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 các nhiệt độ bắt đầu biến đổi ferit, bainit, và mactensit để góp phần cho việc tinh chế cấu trúc tế vi. Để thu được độ bền và độ dai cần thiết theo sáng chế, Mn cần được chứa với lượng 0,40% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Mn lớn hơn 3,0%, tuy nhiên, dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Theo đó, hàm lượng Mn là 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,50% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 2,5% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn nữa là 0,60% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 2,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn thậm chí tốt hơn nữa là 0,70% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 1,7% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn

P phân tách ở các biên hạt làm cho vật liệu không đồng nhất. Do đó, P, là tạp chất ngẫu nhiên, tốt hơn là được giảm thiểu càng nhiều càng tốt. Tuy nhiên, hàm lượng P là 0,050% hoặc nhỏ hơn có thể chấp nhận được. Theo đó, hàm lượng P là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,040% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới của P không được quy định cụ thể, P tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn vì việc giảm P quá mức dẫn đến chi phí nấu chảy cao hơn.

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn

S thường có mặt trong thép dưới dạng MnS. MnS được trải mỏng trong quá trình cán nóng và ảnh hưởng xấu đến độ dẻo. Vì lý do này, S tốt hơn là được giảm thiểu càng nhiều càng tốt trong sáng chế. Tuy nhiên, hàm lượng S là 0,020% hoặc nhỏ hơn có thể chấp nhận được. Theo đó, hàm lượng S là 0,020% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,015% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới của S không được quy định cụ thể, S tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn vì việc giảm S quá mức dẫn đến chi phí nấu chảy cao hơn.

N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn và cải thiện khả năng làm cứng nguội của thép bằng cách ức chế sự phục hồi của lệch mạng trong quá trình biến dạng do thực tế là N được ghim vào các điểm lệch mạng để ức chế chuyển động của chúng. Để thu được độ bền và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cần thiết theo sáng chế, N cần được chứa với lượng 0,0070% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N lớn hơn 0,10%, tuy nhiên, dẫn đến tỷ lệ cao hơn của cấu trúc tế vi cứng bao gồm cấu trúc tế vi cùng tích của sắt và nitrua sắt (ferit +  $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N), do đó dẫn đến độ dai thấp hơn. Ngoài ra, lượng lớn khí N<sub>2</sub> được sinh ra trong thép nóng chảy trong quá trình hàn, và các rỗ khí dễ dàng được tạo thành trong vùng hàn, do đó làm suy giảm khả năng hàn và độ bền và độ dai của vùng hàn. Theo đó, hàm lượng N là 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0080% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 0,090% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn nữa là 0,0090% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,080% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N thậm chí tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,070% hoặc nhỏ hơn.

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn

Al là nguyên tố hoạt động như tác nhân khử oxy mạnh. Để thu được hiệu quả này, Al được chứa với lượng 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Al lớn hơn 0,080%, tuy nhiên, dẫn đến sự suy giảm khả năng hàn và sự gia tăng chất lẫn oxit nhôm, do đó làm suy giảm chất lượng bề mặt. Ngoài ra, độ dai của vùng hàn bị suy giảm. Theo đó, hàm lượng Al là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 0,007%

hoặc lớn hơn và tốt hơn là 0,070% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn nữa là 0,009% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên. Tuy nhiên, là tạp chất ngẫu nhiên, O (oxy) có thể được chứa với lượng 0,005% hoặc nhỏ hơn miễn là các hiệu quả có lợi của sáng chế không bị suy giảm.

Các thành phần trên được chứa trong thành phần hóa học cơ bản của tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở theo sáng chế. Các đặc điểm mục tiêu trong sáng chế có thể thu được với các nguyên tố thiết yếu được mô tả ở trên. Ngoài ra, các nguyên tố dưới đây có thể được chứa nếu cần.

Một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn, V: 0,15% hoặc nhỏ hơn, Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn, Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn

Nb là nguyên tố tạo thành các cacbua và nitrua mịn trong thép để góp phần cải thiện độ bền của thép và cũng ức chế việc làm thô auxtenit trong quá trình cán nóng để góp phần cho việc tinh chế cấu trúc tế vi, và có thể được chứa nếu cần. Để thu được các hiệu quả được mô tả ở trên, khi Nb được chứa, Nb tốt hơn là được chứa với lượng 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Nb lớn hơn 0,15%, tuy nhiên, có thể dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Theo đó, khi Nb được chứa, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,15% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,008% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,13% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Nb thậm chí tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn

V là nguyên tố tạo thành các cacbua và nitrua mịn trong thép để góp phần cải thiện độ bền của thép, và có thể được chứa nếu cần. Để thu được hiệu quả được mô tả ở trên, khi V được chứa, V tốt hơn là được chứa với lượng 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm

lượng V lớn hơn 0,15%, tuy nhiên, có thể dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Theo đó, khi V được chứa, hàm lượng V tốt hơn là 0,15% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng V tốt hơn nữa là 0,008% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,13% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng V thậm chí tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn

Ti là nguyên tố tạo thành các cacbua và nitrua mịn trong thép để góp phần cải thiện độ bền của thép, và có thể được chứa nếu cần. Để thu được hiệu quả như trên, khi Ti được chứa, Ti tốt hơn là được chứa với lượng 0,005% hoặc lớn hơn. Ti có ái lực cao với N; do đó, hàm lượng Ti lớn hơn 0,050%, tuy nhiên, có thể dẫn đến lượng N được hòa tan nhỏ hơn và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn. Theo đó, khi Ti được chứa, hàm lượng Ti tốt hơn là 0,050% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ti tốt hơn nữa là 0,006% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ti thậm chí tốt hơn nữa là 0,007% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,025% hoặc nhỏ hơn.

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn, và Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn

Cu, Ni, Cr, và Mo là các nguyên tố làm tăng độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn, và chúng có thể được chứa nếu cần. Lượng Cu, Ni, Cr, và Mo được chứa quá mức có thể dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Theo đó, khi Cu, Ni, Cr, và Mo được chứa, tốt hơn là Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn, và Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn.

Cu tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,04% hoặc lớn hơn. Cu tốt hơn nữa là 0,9% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,8% hoặc nhỏ hơn.

Ni tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,04% hoặc lớn hơn. Ni tốt hơn nữa là 0,9% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,8% hoặc nhỏ hơn.



Cr tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,04% hoặc lớn hơn. Cr tốt hơn nữa là 0,18% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,15% hoặc nhỏ hơn.

Mo tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,04% hoặc lớn hơn. Mo tốt hơn nữa là 0,18% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,15% hoặc nhỏ hơn.

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn

Ca là nguyên tố hình cầu hóa các sulfua, như MnS được trải mỏng trong quá trình cán nóng, để góp phần cải thiện độ dai của thép, và có thể được chứa nếu cần. Để thu được hiệu quả như trên, khi Ca được chứa, Ca tốt hơn là được chứa với lượng 0,0005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ca lớn hơn 0,010%, tuy nhiên, có thể dẫn đến việc hình thành các cụm oxit Ca trong thép làm suy giảm độ dai. Theo đó, khi Ca được chứa, hàm lượng Ca tốt hơn là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0005% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,0008% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0080% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ca thậm chí tốt hơn nữa là 0,0010% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,0060% hoặc nhỏ hơn.

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn

B là nguyên tố làm giảm nhiệt độ bắt đầu biến đổi ferit để góp phần cho việc tinh chế cấu trúc tế vi, và có thể được chứa nếu cần. Để thu được hiệu quả như trên, khi B được chứa, B tốt hơn là được chứa với lượng 0,0003% hoặc lớn hơn. Hàm lượng B lớn hơn 0,0050%, tuy nhiên, có thể dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn làm suy giảm độ dai. Theo đó, khi B được chứa, hàm lượng B tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng B thậm chí tốt hơn nữa là 0,0008% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,0010% hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, lượng N được hòa tan trong thép ngoài thành phần hóa học ở trên là 0,0010% (% khối lượng) hoặc lớn hơn và 0,090% (% khối lượng) hoặc nhỏ hơn.

Khi lượng N được hòa tan trong thép nhỏ hơn 0,0010%, khả năng làm cứng nguội

của thép bị suy giảm, do đó không thu được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo mục tiêu theo sáng chế. Khi lượng N được hòa tan trong thép lớn hơn 0,090%, tỷ lệ của cấu trúc tế vi cứng bao gồm cấu trúc tế vi cùng tích của sắt và nitrua sắt (ferit +  $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N) được tăng lên làm suy giảm độ dai. Ngoài ra, lượng lớn khí N<sub>2</sub> được sinh ra trong thép nóng chảy trong quá trình hàn, và các rỗ khí dễ dàng được tạo thành trong vùng hàn, do đó làm suy giảm khả năng hàn và độ bền và độ dai của vùng hàn. Để thu được lượng N được hòa tan trong thép trong phạm vi trên, thép có thành phần hóa học ở trên là đủ. Lượng N được hòa tan trong thép là 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,0015% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 0,085% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0020% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,080% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc lớn hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 0,030% hoặc nhỏ hơn.

Các lý do giới hạn cấu trúc tế vi thép của tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Kích thước hạt trung bình của cấu trúc tế vi thép của tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở ở vị trí 1/2t và phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở ở vị trí 1/2t: 20,0  $\mu$ m hoặc nhỏ hơn

Kích thước hạt trung bình trong sáng chế đề cập đến đường kính vòng tròn tương đương trung bình của các hạt tinh thể khi khu vực được bao quanh bởi biên với định hướng sai về mặt tinh thể học (chênh lệch về định hướng giữa các tinh thể gần kề) là 15° hoặc lớn hơn được định nghĩa là hạt tinh thể. Đường kính vòng tròn tương đương (kích thước hạt) được sử dụng ở đây được định nghĩa là đường kính của vòng tròn có diện tích bằng hạt tinh thể mục tiêu. Các biên có sự định hướng sai tinh thể là 15° hoặc lớn hơn được gọi là các biên hạt góc lớn và cung cấp khả năng chống nứt vỡ giòn. Khi cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu$ m hoặc nhỏ hơn, tổng diện tích của các biên hạt góc lớn được tăng lên, do đó đạt được độ bền và độ dai mục tiêu theo sáng chế. Cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t tốt hơn nữa là có kích thước hạt trung bình là 15,0  $\mu$ m hoặc nhỏ hơn.

Giới hạn dưới của kích thước hạt trung bình của cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t không được quy định cụ thể. Kích thước hạt trung bình nhỏ hơn dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn; do đó, theo quan điểm để đạt được tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp, kích thước hạt trung bình tốt hơn là 2,0  $\mu\text{m}$  hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 4,0  $\mu\text{m}$  hoặc lớn hơn.

Sự định hướng sai tinh thể và kích thước hạt trung bình có thể được đo bằng phương pháp hiển vi điện tử quét/nhiều xạ điện tử tán xạ ngược (Scanning Electron Microscope, SEM/Electron Backscatter Diffraction, EBSD). Ở đây, chúng có thể được đo bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ dưới đây.

Theo sáng chế, ngoài các điều kiện được đề cập ở trên, cấu trúc tế vi thép ở trên tốt hơn là chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích và phần còn lại chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit. Peclit ở trên chứa cả cấu trúc tế vi cùng tích của sắt và cacbua sắt (ferit + cementit) và cấu trúc tế vi cùng tích của sắt và nitrua sắt (ferit +  $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N).

Phần thể tích của bainit: 90% hoặc lớn hơn

Bainit là cấu trúc tế vi cứng hơn ferit và mềm hơn peclit, mactensit, và auxtenit, và có độ dai ưu việt. Khi bainit được trộn với cấu trúc tế vi có độ cứng khác, mặt phân cách có khả năng là điểm khởi đầu nứt vỡ do sự tập trung ứng suất gây ra bởi chênh lệch độ cứng, dẫn đến độ dai thấp hơn. Vì lý do này, phần thể tích của bainit tốt hơn là 90% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 93% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 95% hoặc lớn hơn, của toàn bộ cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t được mô tả ở trên.

Phần còn lại: Một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit

Các cấu trúc tế vi còn lại khác với bainit chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit. Khi tổng phần thể tích của các cấu trúc tế vi lớn hơn 10%, sự tập trung ứng suất do chênh lệch độ cứng với bainit xảy ra dễ dàng, và mặt phân cách hoạt động như điểm khởi đầu nứt vỡ, dẫn đến độ dai thấp hơn. Vì lý do này, tổng phần thể tích của các cấu trúc tế vi trong cấu trúc tế vi còn lại tốt hơn là 10%

hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 5% hoặc nhỏ hơn, của toàn bộ cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t được mô tả ở trên.

Trong các cấu trúc tế vi khác nhau ở trên ngoại trừ auxtenit, các biên hạt auxtenit hoặc các dải biến dạng bên trong các hạt auxtenit đóng vai trò các vị trí tạo mầm. Như được mô tả dưới đây, trong bước cán nóng, sự giảm cán lớn ở nhiệt độ thấp mà ở đó sự tái kết tinh của auxtenit ít có khả năng xảy ra có thể đưa số lượng lớn lệch mạng vào auxtenit để tinh chế auxtenit và đưa số lượng lớn các dải biến dạng vào các hạt. Điều này làm tăng diện tích của các vị trí tạo mầm và tần suất tạo mầm; do đó, cấu trúc tế vi thép có thể được tinh chế như được mô tả ở trên.

Phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo sáng chế được chế tạo bằng cách, ví dụ, gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học nêu trên đến nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn, sau đó thực hiện cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện: 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện: 750°C hoặc cao hơn và 850°C hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn, sau đó thực hiện làm mát ở tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm, và sau đó thực hiện cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn.

Trong mô tả sau đây về phương pháp chế tạo, biểu diễn "°C" liên quan đến nhiệt độ đề cập đến nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép hoặc tấm thép (tấm thép cán nóng), trừ khi được quy định cụ thể. Nhiệt độ bề mặt có thể được đo bằng, ví dụ, nhiệt kế bức xạ. Nhiệt độ ở trung tâm độ dày tấm của tấm thép có thể được xác định bằng cách tính toán phân bố nhiệt độ trong mặt cắt ngang của tấm thép sử dụng phân tích truyền nhiệt và hiệu chỉnh kết quả với nhiệt độ bề mặt của tấm thép. Thuật ngữ "tấm thép cán nóng" bao gồm tấm thép cán nóng và dải thép cán nóng.

Theo sáng chế, phương pháp để tạo ra vật liệu thép (phôi thép) không bị giới hạn ở phương pháp cụ thể. Phương pháp đã biết bất kỳ để tạo ra thép sử dụng lò, như lò chuyển, lò điện, hoặc lò nấu chảy chân không, có thể được sử dụng. Quy trình đúc không bị giới hạn ở phương pháp cụ thể. Vật liệu thép được đúc bằng quy trình đúc đã biết, như quy trình đúc liên tục, thành các kích thước mong muốn. Quy trình cán phôi, đúc thổi có thể được sử dụng mà không có vấn đề gì, thay cho quy trình đúc liên tục. Thép nóng chảy có thể còn trải qua tinh chế thứ cấp, như tinh chế gáo.

Nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn

Nhiệt độ gia nhiệt thấp hơn 1.100°C dẫn đến khả năng chống biến dạng lớn của vật liệu sẽ được cán, do đó gây khó khăn cho việc thực hiện cán. Nhiệt độ gia nhiệt cao hơn 1.300°C dẫn đến việc làm thô các hạt auxtenit không tạo thành các hạt auxtenit mịn trong quá trình cán tiếp theo (cán thô và cán hoàn thiện), do đó gây khó khăn cho việc đảm bảo kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế. Theo đó, nhiệt độ gia nhiệt là 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là 1.120°C hoặc cao hơn và tốt hơn là 1.280°C hoặc thấp hơn.

Quy trình bất kỳ sau đây có thể được sử dụng trong sáng chế mà không có vấn đề gì: quy trình thông thường trong đó phôi thép (phôi) được tạo ra, được làm mát tạm thời đến nhiệt độ phòng, và được gia nhiệt lại; và quy trình tiết kiệm năng lượng, như cán nập nóng, trong đó phôi thép ấm được chuyển vào lò gia nhiệt mà không cần làm mát đến nhiệt độ phòng hoặc trong đó phôi thép được cán nóng ngay sau khi trải qua giữ nhiệt trong thời gian ngắn.

Nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn

Ở nhiệt độ kết thúc cán thô thấp hơn 900°C, nhiệt độ bề mặt của tấm thép bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi ferit trong quá trình cán hoàn thiện tiếp theo. Điều này dẫn đến việc hình thành lượng lớn ferit bị biến dạng, do đó dẫn đến độ bền thấp hơn và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn. Nhiệt độ kết thúc cán thô cao hơn 1.100°C dẫn đến việc làm thô auxtenit và đưa không đủ các dải biến dạng vào auxtenit, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi

thép theo sáng chế. Do đó, nhiệt độ kết thúc cán thô là  $900^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $1.100^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, tốt hơn là  $910^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và tốt hơn là  $1.000^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn.

Nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện:  $800^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $950^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn

Ở nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện thấp hơn  $800^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ bề mặt của tấm thép bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi ferit trong quá trình cán hoàn thiện, dẫn đến việc hình thành lượng lớn ferit bị biến dạng. Điều này dẫn đến độ bền thấp hơn và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn. Nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện cao hơn  $950^{\circ}\text{C}$  dẫn đến việc làm thô auxtenit và đưa không đủ các dải biến dạng vào auxtenit, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế. Theo đó, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện là  $800^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $950^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, tốt hơn là  $820^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và tốt hơn là  $930^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn.

Nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện:  $750^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $850^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn

Ở nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện thấp hơn  $750^{\circ}\text{C}$ , nhiệt độ bề mặt của tấm thép bằng hoặc thấp hơn nhiệt độ bắt đầu biến đổi ferit trong quá trình cán hoàn thiện, dẫn đến việc hình thành lượng lớn ferit bị biến dạng. Điều này dẫn đến độ bền thấp hơn và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn. Nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện cao hơn  $850^{\circ}\text{C}$  dẫn đến việc làm thô auxtenit và đưa không đủ các dải biến dạng vào auxtenit, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế. Theo đó, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện là  $750^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $850^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, tốt hơn là  $770^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và tốt hơn là  $830^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn.

Tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn

Tổng giảm cán nhỏ hơn 60% trong cán hoàn thiện dẫn đến việc làm thô auxtenit và đưa không đủ các dải biến dạng vào auxtenit, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế. Tổng giảm cán trong cán hoàn thiện tốt hơn là 65% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của nó không được quy định cụ thể. Tại tổng giảm cán lớn hơn 80%, hiệu quả của việc cải thiện độ dai là nhỏ so với sự gia tăng giảm cán, dẫn đến chỉ gia tăng tải trọng thiết bị. Do đó, tổng giảm cán trong cán hoàn thiện tốt hơn là 80% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 75% hoặc nhỏ hơn.

Tổng giảm cán được mô tả ở trên đề cập đến tổng giảm cán trong mỗi lần cán trong cán hoàn thiện.

Theo sáng chế, độ dày tấm hoàn thiện (độ dày tấm của tấm thép sau khi kết thúc cán) tốt hơn là lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn theo quan điểm đảm bảo sự giảm cán thiết yếu và kiểm soát nhiệt độ của tấm thép.

Tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn

Khi tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ bắt đầu làm mát đến kết thúc làm mát được mô tả dưới đây ở nhiệt độ trung tâm độ dày tấm của tấm thép cán nóng nhỏ hơn 10°C/s, tần suất tạo mầm bainit là thấp, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế. Ngoài ra, giới hạn chảy mong muốn không thu được bởi việc hình thành lượng lớn ferit. Tốc độ làm mát trung bình lớn hơn 30°C/s dẫn đến việc hình thành lượng lớn mactensit, dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Tốc độ làm mát trung bình là 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 15°C/s hoặc lớn hơn và tốt hơn là 25°C/s hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, việc làm mát tốt hơn là được bắt đầu ngay sau cán hoàn thiện theo quan điểm hạn chế việc hình thành ferit trên các bề mặt của tấm thép trước khi làm mát.

Nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn

Khi nhiệt độ ngừng làm mát ở nhiệt độ trung tâm độ dày tấm của tấm thép cán nóng thấp hơn 400°C, lượng lớn mactensit được tạo thành, do đó dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Nhiệt độ ngừng làm mát cao hơn 600°C dẫn đến tần suất tạo mầm ferit và bainit thấp hơn, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế và phần bainit mong muốn. Nhiệt độ ngừng làm mát là 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là 450°C hoặc cao hơn và tốt hơn là 580°C hoặc thấp hơn.

Theo sáng chế, trừ khi được quy định cụ thể, tốc độ làm mát trung bình được định nghĩa là giá trị (tốc độ làm mát) thu được bởi ((nhiệt độ trung tâm độ dày tấm của tấm thép cán nóng trước khi làm mát - nhiệt độ trung tâm độ dày tấm của tấm thép cán nóng

sau khi làm mát)/thời gian làm mát). Các ví dụ về phương pháp làm mát bao gồm làm mát bằng nước, như phun nước từ vòi phun, và làm mát bằng cách phun khí làm mát. Theo sáng chế, tốt hơn là thực hiện thao tác làm mát (xử lý) cho cả hai mặt của tấm thép cán nóng sao cho cả hai mặt của tấm được làm mát trong cùng điều kiện.

Sau khi làm mát, tấm thép cán nóng được cuộn và sau đó được làm mát một cách tự nhiên.

Theo quan điểm của cấu trúc tế vi thép, việc cuộn được thực hiện ở nhiệt độ cuộn: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ cuộn thấp hơn 400°C dẫn đến việc hình thành lượng lớn mactensit, do đó dẫn đến tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo cao hơn và độ dai thấp hơn. Nhiệt độ cuộn cao hơn 600°C dẫn đến tần suất tạo mầm ferit và bainit thấp hơn, do đó không thu được kích thước hạt trung bình mục tiêu của cấu trúc tế vi thép theo sáng chế và phần bainit mong muốn. Nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là 450°C hoặc cao hơn và tốt hơn là 580°C hoặc thấp hơn.

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

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế bao gồm phần thép cơ bản và phần hàn điện trở. Ống thép hàn điện trở theo sáng chế được chế tạo bằng cách, ví dụ, gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học nêu trên đến nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn, sau đó thực hiện cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện: 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện: 750°C hoặc cao hơn và 850°C hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn, sau đó thực hiện làm mát ở tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm, sau đó thực hiện cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn để cung cấp tấm thép cán nóng, và sau đó thực hiện việc sản xuất ống trong đó tấm thép cán nóng trải qua tạo hình cán nguội thành ống hở có



dạng hình trụ, cả hai phần đầu chu vi của ống hở được phép đối đầu với nhau, và hàn điện trở được thực hiện.

Quy trình cho đến thời điểm mà tấm thép cán nóng thu được bằng cách cuộn giống với mô tả về tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở ở trên, và do đó được bỏ qua ở đây.

Sau khi cuộn, tấm thép cán nóng trải qua việc sản xuất ống. Trong quy trình sản xuất ống, tấm thép cán nóng được cán nguội thành ống hở hình trụ (ống thép tròn). Sau đó hàn điện trở được thực hiện như sau: cả hai phần đầu chu vi (các phần đối đầu) của ống hở được phép đối đầu với nhau và được làm nóng chảy bằng cách gia nhiệt điện trở cao tần, và sau đó hàn áp lực được thực hiện bằng cách đảo ngược với các trục lăn ép để tạo thành ống thép hàn điện trở. Sau đó, ống thép hàn điện trở trải qua ram với các trục lăn được sắp xếp ở trên, dưới, trái, và phải của ống thép hàn điện trở vài phần trăm theo hướng trục ống trong khi giữ dạng hình trụ để điều chỉnh đường kính ngoài đến giá trị mong muốn.

Liệu ống thép có là ống thép hàn điện trở hay không có thể được xác định bằng cách cắt ống thép hàn điện trở vuông góc với hướng trục ống, đánh bóng bề mặt cắt bao gồm vùng hàn (phần hàn điện trở), thực hiện ăn mòn, và thực hiện quan sát với kính hiển vi quang học. Cụ thể, khi chiều rộng chu vi phân hóa rắn nóng chảy của vùng hàn (phần hàn điện trở) là  $1,0\text{ }\mu\text{m}$  hoặc lớn hơn và  $1000,0\text{ }\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn trên toàn bộ độ dày của ống, ống được xác định là ống thép hàn điện trở.

Ở đây, dung dịch ăn mòn có thể được chọn theo cách thích hợp phù hợp với thành phần thép và loại ống thép.

Fig.1 minh họa dưới dạng giản đồ một phần của mặt cắt ngang ở trên (gần vùng hàn của ống thép hàn điện trở) sau khi ăn mòn. Như được minh họa trên Fig.1, phân hóa rắn nóng chảy có thể được xác định trực quan là khu vực (phân hóa rắn nóng chảy 3) có hình thái cấu trúc tế vi khác và tương phản với phần thép cơ bản 1 và vùng chịu ảnh hưởng nhiệt 2. Ví dụ, các phân hóa rắn nóng chảy của các ống thép hàn điện trở bằng thép cacbon và thép hợp kim thấp đều có thể được xác định là khu vực được quan sát có

màu trắng bằng kính hiển vi quang học ở mặt cắt ngang ở trên được ăn mòn trong nital. Các phần hóa rắn nóng chảy của các ống thép UOE bằng thép cacbon và thép hợp kim thấp đều có thể được xác định là khu vực chứa cấu trúc tế vi hóa rắn dạng ô hoặc dạng nhánh cây được quan sát bằng kính hiển vi quang học ở mặt cắt ngang ở trên được ăn mòn trong nital.

Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và ống thép hàn điện trở theo sáng chế được chế tạo bằng các phương pháp chế tạo được mô tả ở trên. Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở và ống thép hàn điện trở theo sáng chế có tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp, hiệu suất biến dạng ưu việt, và khả năng chống động đất cao, đặc biệt ngay cả khi chúng có độ dày lớn, ví dụ, ngay cả khi độ dày tấm và độ dày vách lớn hơn 17 mm. Chúng cũng có cả độ bền cao và độ dai ưu việt.

Do đó, ống thép hàn điện trở theo sáng chế có thể được sử dụng một cách thích hợp làm vật liệu cho các kết cấu xây dựng, như các ống dẫn và cột cho các công trình xây dựng. Cụ thể, nó thích hợp cho kết cấu lớn yêu cầu tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo thấp và khả năng chịu được các lực uốn và tác động theo quan điểm, ví dụ, khả năng chống động đất. Nó cũng thích hợp cho ống dẫn yêu cầu độ bền để chịu được áp suất bên trong của chất lỏng được vận chuyển và độ dai để ngăn ngừa sự lan truyền vết nứt tại thời điểm hình thành vết nứt.

### **Ví dụ thực hiện sáng chế**

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dựa trên các ví dụ sau. Sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ sau.

Các thép nóng chảy có các thành phần hóa học cho trong Bảng 1 đã thu được bằng cách luyện thép và được tạo thành các phôi. Các phôi kết quả đã trải qua cán nóng, làm mát, và cuộn trong các điều kiện cho trong Bảng 2 để tạo ra các tấm thép cán nóng, có các độ dày tấm (các độ dày tấm hoàn thiện) (mm) cho trong Bảng 2, đối với các ống thép hàn điện trở.

Sau khi cuộn, các tấm kết quả đã trải qua tạo hình cán nguội để tạo thành các ống thép tròn với dạng hình trụ, và các phần đầu đã trải qua hàn điện trở. Các ống thép

tròn sau đó đã trải qua ram với các trục lăn được sắp xếp ở trên, dưới, trái, và phải của các ống thép tròn vài phần trăm theo hướng trục ống để tạo ra các ống thép hàn điện trở có các đường kính ngoài (mm) và các độ dày vách (các độ dày vách của các phần thép cơ bản) (mm) cho trong Bảng 2.

Các mẫu thử nghiệm đã được lấy từ các tấm thép cán nóng dùng cho các ống thép hàn điện trở và các ống thép hàn điện trở. Phép đo lượng N được hòa tan, quan sát cấu trúc tế vi, thử nghiệm độ bền kéo, và thử nghiệm va đập Charpy đã được tiến hành như được mô tả dưới đây. Trong mỗi ống thép hàn điện trở, các mẫu thử nghiệm đã được lấy từ phần thép cơ bản cách  $90^\circ$  so với phần hàn điện trở khi phần hàn điện trở đã được thiết lập ở  $0^\circ$  trong mặt cắt ngang chu vi của ống.

[Phép đo lượng N được hòa tan]

Lượng N được hòa tan (% khối lượng) đã được xác định bằng cách trừ tổng lượng N trong thép cho lượng N có mặt dưới dạng các chất kết tủa (lượng N kết tủa). Lượng N kết tủa đã được xác định bằng phương pháp phân tích chiết điện phân sử dụng phương pháp dòng - thời gian. Trong chiết điện phân, dung dịch gốc axetylaxeton đã được sử dụng làm chất điện phân và được điện phân ở điện thế không đổi để hòa tan chỉ phần sắt cơ bản khác với các chất kết tủa, như các cacbua và nitrua. Cặn chiết được đã được phân tích hóa học để xác định tổng lượng N trong cặn, đã được sử dụng làm lượng N kết tủa.

[Quan sát cấu trúc tế vi]

Mẫu thử nghiệm để quan sát cấu trúc tế vi đã được lấy từ mỗi tấm thép cán nóng, được đánh bóng theo cách mà bề mặt quan sát song song với mặt cắt ngang theo hướng cán trong quá trình cán nóng ở vị trí  $1/2$  của độ dày tấm t từ bề mặt của tấm thép, và sau đó được ăn mòn trong nital. Trong quan sát cấu trúc tế vi, cấu trúc tế vi ở vị trí  $1/2t$  của độ dày tấm đã được quan sát và được chụp ảnh với kính hiển vi quang học (độ phóng đại:  $1.000\times$ ) hoặc kính hiển vi điện tử quét (độ phóng đại:  $1.000\times$ ). Các phần diện tích của bainit và phần còn lại (ferit, peclit, mactensit, và auxtenit) đã được xác định từ các ảnh hiển vi quang học và ảnh SEM kết quả. Phần diện tích của mỗi cấu trúc tế vi đã được xác định bằng cách quan sát trong năm hoặc nhiều hơn trường nhìn và tính toán

giá trị trung bình của các giá trị thu được trong các trường nhìn. Phần diện tích thu được từ quan sát cấu trúc tế vi đã được sử dụng làm phần thể tích của mỗi cấu trúc tế vi. Có thể giả định rằng cấu trúc tế vi thép không thay đổi trước và sau khi sản xuất ống; do đó, cấu trúc tế vi thép của ống thép hàn điện trở đã được giả định là giống với của tấm thép cán nóng. Trong trường hợp ống thép hàn điện trở, "vị trí 1/2t của độ dày tấm" và "vị trí 1/2 của độ dày tấm t" chỉ ra "vị trí 1/2t của độ dày vách" và "vị trí 1/2 của độ dày vách t".

Ở đây, ferit là sản phẩm của việc biến đổi khuếch tán và biểu lộ cấu trúc tế vi gần như được phục hồi có mật độ lệch mạng thấp. Điều này bao gồm ferit đa giác và ferit giả đa giác.

Bainit là cấu trúc tế vi pha kép của cementit và ferit dạng thỏi với mật độ lệch mạng cao.

Peclit là cấu trúc tế vi cùng tích của sắt và cacbua sắt (ferit + cementit) hoặc sắt và nitrua sắt (ferit +  $\gamma'$ -Fe<sub>4</sub>N) và biểu lộ cấu trúc tế vi dạng phiên của ferit và cacbua hoặc nitrua xen kẽ.

Mactensit là cấu trúc tế vi biến đổi nhiệt độ thấp dạng thỏi với mật độ lệch mạng rất cao. Các ảnh SEM của nó biểu lộ độ tương phản sáng hơn so với ferit và bainit.

Khó phân biệt giữa mactensit và auxtenit trong các ảnh hiển vi quang học và ảnh SEM. Vì lý do này, phần diện tích của cấu trúc tế vi được quan sát là mactensit hoặc auxtenit đã được đo từ các ảnh SEM thu được, và giá trị thu được bằng cách trừ giá trị đo được đã được sử dụng làm phần thể tích của mactensit cho phần thể tích của auxtenit được đo bằng phương pháp được mô tả dưới đây.

Phép đo phần thể tích của auxtenit đã được thực hiện bằng nhiễu xạ tia X. Mẫu thử nghiệm để quan sát cấu trúc tế vi đã được tạo ra bằng cách mài theo cách mà bề mặt nhiễu xạ đã nằm ở vị trí 1/2t của độ dày tấm của tấm thép hoặc độ dày vách của ống thép, và sau đó loại bỏ lớp bề mặt làm việc sử dụng đánh bóng hóa học đến độ sâu 50  $\mu\text{m}$  hoặc lớn hơn. Phép đo đã được thực hiện sử dụng bức xạ Mo-K $\alpha$ , và phần thể tích của auxtenit đã được xác định từ các cường độ tích hợp của các mặt phẳng (200), (220),

và (311) của sắt lập phương tâm mặt (face-centered cubic, fcc) và các mặt phẳng (200) và (211) của sắt lập phương tâm khối (body-centered cubic, bcc).

Kích thước hạt trung bình đã được đo bằng phương pháp SEM/EBSD. Khu vực đo là  $500\text{ }\mu\text{m} \times 500\text{ }\mu\text{m}$ . Kích thước bước đo là  $0,5\text{ }\mu\text{m}$ . Kích thước hạt đã được đo như sau: Định hướng sai giữa các hạt tinh thể gần kề đã được xác định. Các biên có định hướng sai là  $15^\circ$  hoặc lớn hơn được định nghĩa là các biên hạt tinh thể. Giá trị trung bình cộng của các kích thước hạt (các đường kính vòng tròn tương đương) đã được xác định từ các biên hạt tinh thể kết quả và được sử dụng làm kích thước hạt trung bình.

Trong phân tích kích thước hạt, các hạt tinh thể có kích thước hạt nhỏ hơn  $2,0\text{ }\mu\text{m}$  đã được loại trừ khỏi mục tiêu phân tích như là nhiễu phép đo, và phần diện tích kết quả đã được giả định là bằng phần thể tích.

[Thử nghiệm độ bền kéo]

Trong thử nghiệm độ bền kéo, các mẫu thử nghiệm độ bền kéo tiêu chuẩn JIS số 5 đã được lấy theo tiêu chuẩn JIS Z 2241 (2011) theo cách mà hướng kéo song song với hướng cán đối với các tấm thép cán nóng dùng cho các ống thép hàn điện trở và hướng kéo theo hướng L (hướng dọc của mỗi ống) đối với các ống thép hàn điện trở. Thử nghiệm độ bền kéo đã được tiến hành với mỗi mẫu thử nghiệm độ bền kéo để đo giới hạn chảy YS và giới hạn bền kéo TS. Giới hạn chảy YS được định nghĩa là ứng suất dòng chảy ở biến dạng danh nghĩa là 0,5%.

Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo ( $YR_P$ ) (%), được biểu diễn bằng phương trình (1), của tấm thép cán nóng tương ứng với tỷ số sau khi sản xuất ống đã được tính toán:

$$YR_P = (4,0FS/TS) \times 100 \dots \text{phương trình (1)}$$

trong đó trong phương trình (1), "4,0FS" là ứng suất dòng chảy (MPa) ở biến dạng danh nghĩa 4,0%, và TS là giới hạn bền kéo (MPa) của tấm thép cán nóng.

Tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo (YR) của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở (= (giới hạn chảy của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở/giới

hạn bền kéo của phần thép cơ bản của ống thép hàn điện trở)  $\times 100$ ) (%) đã được tính toán.

[Thử nghiệm va đập Charpy]

Đối với thử nghiệm va đập Charpy, các mẫu thử nghiệm khía chữ V đã được lấy từ vị trí  $1/2t$  của độ dày tấm của các tấm thép cán nóng kết quả đối với các ống thép hàn điện trở và từ vị trí  $1/2t$  của độ dày vách của các ống thép hàn điện trở theo cách mà hướng dọc của mỗi mẫu thử nghiệm song song với hướng chiều rộng cán hoặc hướng chu vi ống (vuông góc với hướng cán hoặc với hướng dọc ống). Sau đó thử nghiệm va đập Charpy đã được tiến hành theo tiêu chuẩn JIS Z 2242 (2018). Số lượng mẫu thử nghiệm là ba mẫu mỗi loại. Thử nghiệm đã được tiến hành ba lần ở mỗi nhiệt độ, và giá trị trung bình đã được tính toán.

Các Bảng 1, 3, và 4 trình bày các kết quả.

[Bảng 1]

| Thép số | Thành phần hóa học (% khối lượng) |      |      |       |        |        |       |       |       |       |      |      |      |      |        |        | N được hòa tan |
|---------|-----------------------------------|------|------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|--------|----------------|
|         | C                                 | Si   | Mn   | P     | S      | N      | Al    | Nb    | V     | Ti    | Cr   | Mo   | Cu   | Ni   | Ca     | B      |                |
| 1       | 0,078                             | 0,35 | 1,23 | 0,016 | 0,0008 | 0,0154 | 0,042 | 0,040 | 0,032 | 0,011 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0023 | 0,0000 | 0,0046         |
| 2       | 0,080                             | 0,20 | 1,19 | 0,010 | 0,0007 | 0,0039 | 0,029 | 0,040 | 0,031 | 0,013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0002         |
| 3       | 0,141                             | 0,04 | 1,10 | 0,007 | 0,0041 | 0,0556 | 0,012 | 0,025 | 0,010 | 0,023 | 0,00 | 0,00 | 0,14 | 0,13 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0372         |
| 4       | 0,139                             | 0,05 | 1,08 | 0,008 | 0,0020 | 0,0135 | 0,031 | 0,024 | 0,020 | 0,016 | 0,00 | 0,00 | 0,12 | 0,12 | 0,0042 | 0,0000 | 0,0035         |
| 5       | 0,186                             | 0,19 | 0,63 | 0,022 | 0,0019 | 0,0744 | 0,048 | 0,012 | 0,015 | 0,041 | 0,07 | 0,05 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0009 | 0,0310         |
| 6       | 0,027                             | 0,27 | 1,49 | 0,015 | 0,0033 | 0,0102 | 0,025 | 0,013 | 0,014 | 0,013 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0018         |
| 7       | 0,209                             | 0,19 | 1,33 | 0,004 | 0,0012 | 0,0344 | 0,034 | 0,056 | 0,040 | 0,028 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0027 | 0,0000 | 0,0254         |
| 8       | 0,113                             | 0,01 | 1,94 | 0,028 | 0,0073 | 0,0163 | 0,023 | 0,023 | 0,019 | 0,021 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0013 | 0,0000 | 0,0073         |
| 9       | 0,065                             | 1,12 | 2,87 | 0,025 | 0,0084 | 0,0226 | 0,038 | 0,034 | 0,037 | 0,019 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0035 | 0,0000 | 0,0127         |
| 10      | 0,139                             | 0,06 | 0,36 | 0,011 | 0,0007 | 0,0097 | 0,035 | 0,031 | 0,024 | 0,009 | 0,00 | 0,00 | 0,22 | 0,12 | 0,0014 | 0,0000 | 0,0014         |
| 11      | 0,092                             | 0,48 | 3,05 | 0,009 | 0,0006 | 0,0241 | 0,045 | 0,015 | 0,041 | 0,018 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0011 | 0,0000 | 0,0159         |
| 12      | 0,149                             | 0,23 | 0,98 | 0,052 | 0,0090 | 0,0198 | 0,022 | 0,043 | 0,015 | 0,017 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0135         |
| 13      | 0,127                             | 0,19 | 1,07 | 0,027 | 0,0230 | 0,0119 | 0,037 | 0,038 | 0,023 | 0,014 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0018         |
| 14      | 0,034                             | 0,25 | 1,76 | 0,014 | 0,007  | 0,0205 | 0,071 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0086         |
| 15      | 0,161                             | 0,71 | 2,95 | 0,013 | 0,004  | 0,0143 | 0,042 | 0,018 | 0,000 | 0,025 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0019         |
| 16      | 0,115                             | 0,18 | 1,22 | 0,046 | 0,003  | 0,0119 | 0,030 | 0,022 | 0,000 | 0,022 | 0,13 | 0,11 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0012         |
| 17      | 0,089                             | 0,39 | 0,87 | 0,007 | 0,017  | 0,0094 | 0,007 | 0,000 | 0,037 | 0,014 | 0,18 | 0,17 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0038         |
| 18      | 0,064                             | 0,11 | 1,31 | 0,028 | 0,001  | 0,0076 | 0,022 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0054         |
| 19      | 0,139                             | 0,03 | 0,82 | 0,009 | 0,003  | 0,0435 | 0,025 | 0,000 | 0,031 | 0,017 | 0,00 | 0,00 | 0,16 | 0,10 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0415         |
| 20      | 0,145                             | 0,05 | 1,02 | 0,014 | 0,004  | 0,0515 | 0,011 | 0,008 | 0,022 | 0,011 | 0,00 | 0,00 | 0,11 | 0,13 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0388         |
| 21      | 0,099                             | 0,23 | 0,91 | 0,021 | 0,001  | 0,0144 | 0,026 | 0,009 | 0,041 | 0,010 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0019 | 0,0000 | 0,0045         |
| 22      | 0,076                             | 0,21 | 1,16 | 0,015 | 0,001  | 0,0151 | 0,041 | 0,011 | 0,033 | 0,029 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0036 | 0,0000 | 0,0011         |
| 23      | 0,051                             | 0,15 | 1,22 | 0,025 | 0,001  | 0,0081 | 0,032 | 0,000 | 0,000 | 0,000 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0000 | 0,0000 | 0,0041         |
| 24      | 0,083                             | 0,32 | 1,49 | 0,018 | 0,001  | 0,0152 | 0,027 | 0,007 | 0,000 | 0,052 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,0025 | 0,0000 | 0,0004         |

\*1. Thành phần hóa học bao gồm, ngoài những thứ trên, phần còn lại Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

[Bảng 2]

| Thép số | Tấm thép cán nóng       |                                |                                      |                                       |                                        |                                  |                             |     |                 |                       | Kích thước ống thép |  |  |
|---------|-------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-----|-----------------|-----------------------|---------------------|--|--|
|         | Các điều kiện cán nóng  |                                |                                      |                                       |                                        |                                  | Điều kiện cuộn              |     | Độ dày tấm (mm) | Đường kính ngoài (mm) | Độ dày vách (mm)    |  |  |
|         | Nhiệt độ gia nhiệt (°C) | Nhiệt độ kết thúc cán thô (°C) | Nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện (°C) | Nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện (°C) | Tổng giảm cán trong cán hoàn thiện (%) | Tốc độ làm mát trung bình (°C/s) | Nhiệt độ ngừng làm mát (°C) |     |                 |                       |                     |  |  |
| 1       | 1150                    | 1020                           | 910                                  | 830                                   | 64                                     | 26                               | 510                         | 480 | 23,8            | 406,4                 | 23,8                |  |  |
| 2       | 1140                    | 1050                           | 930                                  | 820                                   | 64                                     | 14                               | 530                         | 510 | 22,2            | 406,4                 | 22,2                |  |  |
| 3       | 1200                    | 970                            | 890                                  | 780                                   | 71                                     | 15                               | 540                         | 515 | 22,2            | 406,4                 | 22,2                |  |  |
| 4       | 1200                    | 990                            | 930                                  | 810                                   | 52                                     | 21                               | 570                         | 550 | 19,1            | 406,4                 | 19,1                |  |  |
| 5       | 1250                    | 940                            | 880                                  | 790                                   | 74                                     | 23                               | 475                         | 455 | 28,0            | 609,6                 | 28,0                |  |  |
| 6       | 1160                    | 960                            | 840                                  | 800                                   | 70                                     | 18                               | 500                         | 480 | 25,4            | 508,0                 | 25,4                |  |  |
| 7       | 1210                    | 980                            | 860                                  | 780                                   | 73                                     | 24                               | 515                         | 490 | 25,0            | 600,0                 | 25,0                |  |  |
| 8       | 1150                    | 990                            | 870                                  | 820                                   | 68                                     | 17                               | 575                         | 560 | 28,0            | 700,0                 | 28,0                |  |  |
| 9       | 1130                    | 950                            | 840                                  | 790                                   | 67                                     | 22                               | 490                         | 470 | 25,0            | 600,0                 | 25,0                |  |  |
| 10      | 1180                    | 940                            | 890                                  | 800                                   | 70                                     | 18                               | 570                         | 550 | 25,4            | 508,0                 | 25,4                |  |  |
| 11      | 1230                    | 970                            | 920                                  | 790                                   | 71                                     | 18                               | 490                         | 470 | 22,0            | 406,4                 | 22,0                |  |  |
| 12      | 1250                    | 990                            | 910                                  | 820                                   | 68                                     | 13                               | 560                         | 540 | 25,0            | 600,0                 | 25,0                |  |  |
| 13      | 1240                    | 1000                           | 930                                  | 790                                   | 70                                     | 16                               | 550                         | 535 | 25,0            | 600,0                 | 25,0                |  |  |
| 14      | 1280                    | 980                            | 940                                  | 850                                   | 71                                     | 18                               | 430                         | 415 | 17,5            | 406,4                 | 17,5                |  |  |
| 15      | 1110                    | 900                            | 810                                  | 750                                   | 72                                     | 28                               | 420                         | 400 | 16,0            | 406,4                 | 16,0                |  |  |
| 16      | 1170                    | 1070                           | 900                                  | 820                                   | 67                                     | 22                               | 565                         | 530 | 22,0            | 400,0                 | 22,0                |  |  |
| 17      | 1200                    | 950                            | 890                                  | 810                                   | 66                                     | 20                               | 515                         | 490 | 19,1            | 406,4                 | 19,1                |  |  |
| 18      | 1220                    | 990                            | 910                                  | 800                                   | 62                                     | 16                               | 590                         | 575 | 25,4            | 508,0                 | 25,4                |  |  |
| 19      | 1320                    | 1020                           | 940                                  | 830                                   | 62                                     | 23                               | 460                         | 440 | 19,1            | 406,4                 | 19,1                |  |  |
| 20      | 1200                    | 1110                           | 920                                  | 840                                   | 66                                     | 19                               | 520                         | 505 | 22,2            | 406,4                 | 22,2                |  |  |
| 21      | 1250                    | 1070                           | 960                                  | 880                                   | 71                                     | 24                               | 430                         | 405 | 23,8            | 508,0                 | 23,8                |  |  |
| 22      | 1280                    | 960                            | 900                                  | 840                                   | 60                                     | 8                                | 550                         | 530 | 19,1            | 406,4                 | 19,1                |  |  |
| 23      | 1270                    | 1070                           | 920                                  | 830                                   | 63                                     | 12                               | 630                         | 615 | 19,1            | 406,4                 | 19,1                |  |  |
| 24      | 1190                    | 1050                           | 910                                  | 790                                   | 68                                     | 18                               | 530                         | 510 | 25,4            | 508,0                 | 25,4                |  |  |



[Bảng 3]

| Thép số | Tấm thép cán nóng            |              |                                |                  |             |          |                     |     | Ghi chú        |
|---------|------------------------------|--------------|--------------------------------|------------------|-------------|----------|---------------------|-----|----------------|
|         | Cấu trúc tế vi thép          |              |                                | Tính chất cơ học |             |          |                     |     |                |
|         | Phần thể tích của bainit (%) | Phần còn lại | Kích thước hạt trung bình (μm) | YS (MPa)         | 4,0FS (MPa) | TS (MPa) | YR <sub>P</sub> (%) |     |                |
| 1       | 98                           | F, P         | 6,3                            | 537              | 542         | 619      | 87,6                | -70 | Ví dụ sáng chế |
| 2       | 99                           | F, P         | 7,1                            | 503              | 529         | 568      | 93,1                | -65 | Ví dụ so sánh  |
| 3       | 95                           | M            | 5,3                            | 472              | 481         | 554      | 86,8                | -75 | Ví dụ sáng chế |
| 4       | 96                           | M            | 22,4                           | 484              | 490         | 561      | 87,3                | -35 | Ví dụ so sánh  |
| 5       | 91                           | F, P, M      | 8,7                            | 505              | 507         | 569      | 89,1                | -65 | Ví dụ sáng chế |
| 6       | 98                           | F            | 6,6                            | 434              | 442         | 509      | 86,8                | -70 | Ví dụ so sánh  |
| 7       | 86                           | F, P         | 7,4                            | 499              | 513         | 580      | 88,4                | -30 | Ví dụ so sánh  |
| 8       | 92                           | F, P         | 8,5                            | 439              | 441         | 515      | 85,6                | -70 | Ví dụ so sánh  |
| 9       | 96                           | F, P         | 7,0                            | 561              | 573         | 619      | 92,6                | -45 | Ví dụ so sánh  |
| 10      | 87                           | F, P         | 21,3                           | 418              | 424         | 487      | 87,1                | -25 | Ví dụ so sánh  |
| 11      | 98                           | F, P         | 6,2                            | 536              | 550         | 593      | 92,7                | -50 | Ví dụ so sánh  |
| 12      | 93                           | F, P         | 11,0                           | 492              | 508         | 581      | 87,4                | -35 | Ví dụ so sánh  |
| 13      | 94                           | F, P         | 9,7                            | 501              | 513         | 579      | 88,6                | -40 | Ví dụ so sánh  |
| 14      | 99                           | F, P         | 6,9                            | 528              | 534         | 619      | 86,3                | -65 | Ví dụ sáng chế |
| 15      | 92                           | M            | 5,1                            | 515              | 520         | 595      | 87,4                | -70 | Ví dụ sáng chế |
| 16      | 94                           | M, A         | 7,3                            | 537              | 548         | 632      | 86,7                | -75 | Ví dụ sáng chế |
| 17      | 95                           | M            | 5,5                            | 460              | 472         | 538      | 87,7                | -65 | Ví dụ sáng chế |
| 18      | 96                           | F            | 8,9                            | 494              | 503         | 577      | 87,2                | -60 | Ví dụ sáng chế |
| 19      | 91                           | M            | 23,4                           | 510              | 522         | 589      | 88,6                | -25 | Ví dụ so sánh  |
| 20      | 92                           | M            | 22,8                           | 486              | 492         | 556      | 88,5                | -30 | Ví dụ so sánh  |
| 21      | 97                           | M            | 25,1                           | 529              | 537         | 612      | 87,7                | -20 | Ví dụ so sánh  |
| 22      | 73                           | F            | 21,1                           | 418              | 429         | 492      | 87,2                | -40 | Ví dụ so sánh  |
| 23      | 76                           | F, P         | 24,0                           | 425              | 437         | 506      | 86,4                | -50 | Ví dụ so sánh  |
| 24      | 93                           | F, P         | 6,3                            | 482              | 515         | 557      | 92,5                | -70 | Ví dụ so sánh  |

\*1. F: ferit, P: peclit, M: mactensit, A: auxtenit

[Bảng 4]

| Thép số | Ống thép hàn điện trở |          |        |                            | Ghi chú        |
|---------|-----------------------|----------|--------|----------------------------|----------------|
|         | Tính chất cơ học      |          |        | Phần thép cơ bản vTrs (°C) |                |
|         | YS (MPa)              | TS (MPa) | YR (%) |                            |                |
| 1       | 551                   | 627      | 87,9   | -55                        | Ví dụ sáng chế |
| 2       | 536                   | 580      | 92,4   | -50                        | Ví dụ so sánh  |
| 3       | 492                   | 563      | 87,4   | -65                        | Ví dụ sáng chế |
| 4       | 494                   | 588      | 84,0   | -25                        | Ví dụ so sánh  |
| 5       | 518                   | 589      | 87,9   | -50                        | Ví dụ sáng chế |
| 6       | 438                   | 512      | 85,5   | -60                        | Ví dụ so sánh  |
| 7       | 536                   | 628      | 85,4   | -20                        | Ví dụ so sánh  |
| 8       | 448                   | 519      | 87,3   | -55                        | Ví dụ so sánh  |
| 9       | 574                   | 621      | 92,4   | -30                        | Ví dụ so sánh  |
| 10      | 441                   | 495      | 89,1   | -10                        | Ví dụ so sánh  |
| 11      | 554                   | 599      | 92,5   | -30                        | Ví dụ so sánh  |
| 12      | 497                   | 584      | 85,1   | -25                        | Ví dụ so sánh  |
| 13      | 520                   | 592      | 87,8   | -15                        | Ví dụ so sánh  |
| 14      | 528                   | 591      | 89,3   | -55                        | Ví dụ sáng chế |
| 15      | 527                   | 601      | 87,7   | -60                        | Ví dụ sáng chế |
| 16      | 556                   | 637      | 87,3   | -45                        | Ví dụ sáng chế |
| 17      | 470                   | 529      | 88,8   | -55                        | Ví dụ sáng chế |
| 18      | 508                   | 592      | 85,8   | -40                        | Ví dụ sáng chế |
| 19      | 531                   | 611      | 86,9   | -5                         | Ví dụ so sánh  |
| 20      | 499                   | 564      | 88,5   | -15                        | Ví dụ so sánh  |
| 21      | 534                   | 618      | 86,4   | 0                          | Ví dụ so sánh  |
| 22      | 438                   | 509      | 86,1   | -15                        | Ví dụ so sánh  |
| 23      | 440                   | 493      | 89,2   | -30                        | Ví dụ so sánh  |
| 24      | 523                   | 564      | 92,7   | -45                        | Ví dụ so sánh  |

Trong các Bảng 3 và 4, các thép số 1, 3, 5, và 14 đến 18 là các ví dụ sáng chế, và các thép số 2, 4, 6 đến 13, và 19 đến 24 là các ví dụ so sánh.

Các tấm thép cán nóng dùng cho các ống thép hàn điện trở và các phần thép cơ bản của các ống thép hàn điện trở của các ví dụ sáng chế đều có thành phần hóa học chứa C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,40% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn, trong đó N được hòa tan trong thép đã được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và cấu trúc tế vi thép ở vị trí 1/2t có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn.

Mỗi tấm thép cán nóng dùng dùng cho các ống thép hàn điện trở của các ví dụ sáng chế có ứng suất chảy là 450 MPa hoặc lớn hơn, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn là  $-60^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn trong thử nghiệm va đập Charpy, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo  $YR_P$ , tương ứng với tỷ số sau khi sản xuất ống, là 90,0% hoặc nhỏ hơn.

Mỗi ống thép hàn điện trở của các ví dụ sáng chế có ứng suất chảy là 450 MPa hoặc lớn hơn, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn là  $-40^{\circ}\text{C}$  hoặc nhỏ hơn trong thử nghiệm va đập Charpy, và tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo là 90,0% hoặc nhỏ hơn.

Trong thép số 2 của ví dụ so sánh, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo đã không đạt tới giá trị mong muốn vì hàm lượng N đã thấp hơn phạm vi của sáng chế.

Trong thép số 4 của ví dụ so sánh, tổng giảm cán thấp trong cán hoàn thiện đã dẫn đến các hạt tinh thể bị thô, dẫn đến kích thước hạt trung bình vượt quá phạm vi của sáng chế. Do đó, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 6 của ví dụ so sánh, hàm lượng C đã thấp hơn phạm vi của sáng chế; do đó, ứng suất chảy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 7 của ví dụ so sánh, hàm lượng C đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 8 của ví dụ so sánh, hàm lượng Si đã thấp hơn phạm vi của sáng chế; do đó, ứng suất chảy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 9 của ví dụ so sánh, hàm lượng Si đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới các giá trị mong muốn.

Trong thép số 10 của ví dụ so sánh, hàm lượng Mn đã thấp hơn phạm vi của sáng chế; do đó, ứng suất chảy đã không đạt tới giá trị mong muốn. Ngoài ra, các hạt tinh thể được làm thô, và kích thước hạt trung bình lớn hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt

độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 11 của ví dụ so sánh, hàm lượng Mn đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới các giá trị mong muốn.

Trong thép số 12 của ví dụ so sánh, hàm lượng P đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 13 của ví dụ so sánh, hàm lượng S đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 19 của ví dụ so sánh, nhiệt độ gia nhiệt đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, kích thước hạt trung bình lớn hơn phạm vi của sáng chế. Vì lý do này, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 20 của ví dụ so sánh, nhiệt độ kết thúc cán thô đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, kích thước hạt trung bình lớn hơn phạm vi của sáng chế. Vì lý do này, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 21 của ví dụ so sánh, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện cũng đã cao hơn phạm vi của sáng chế, do đó dẫn đến kích thước hạt trung bình vượt quá phạm vi của sáng chế. Kết quả là, nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Trong thép số 22 của ví dụ so sánh, tốc độ làm mát trung bình đã thấp hơn phạm vi của sáng chế, dẫn đến việc hình thành lượng lớn ferit. Ngoài ra, kích thước hạt trung bình lớn hơn phạm vi của sáng chế. Do đó, giới hạn chảy và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới các giá trị mong muốn.

Trong thép số 23 của ví dụ so sánh, nhiệt độ ngừng làm mát đã cao hơn phạm vi của sáng chế; do đó, nhiệt độ cuộn đã cao hơn phạm vi của sáng chế, dẫn đến việc hình thành lượng lớn ferit. Ngoài ra, kích thước hạt trung bình lớn hơn phạm vi của sáng chế. Kết quả là, giới hạn chảy và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo sang giòn trong thử nghiệm va đập Charpy đã không đạt tới các giá trị mong muốn.

Trong thép số 24 của ví dụ so sánh, lượng N được hòa tan đã nhỏ hơn phạm vi của sáng chế; do đó, tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền kéo đã không đạt tới giá trị mong muốn.

Danh sách số chỉ dẫn

- 1 phần thép cơ bản
- 2 vùng chịu ảnh hưởng nhiệt hàn
- 3 phần hóa rắn nóng chảy

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở, bao gồm thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng:

C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn,

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

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn,

phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

trong đó N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn,

cho độ dày tấm là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn và chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích, phần còn lại bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit.

2. Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ:

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

3. Tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo điểm 1 hoặc 2, trong đó độ dày tấm lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

4. Phương pháp chế tạo tấm thép cán nóng dùng cho ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, phương pháp bao gồm:

bước gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học đến nhiệt độ gia nhiệt: 1.100°C hoặc cao hơn và 1.300°C hoặc thấp hơn;

sau đó thực hiện bước cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô: 900°C hoặc cao hơn và 1.100°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện: 800°C hoặc cao hơn và 950°C hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện: 750°C hoặc cao hơn và 850°C hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện bước làm mát ở tốc độ làm mát trung bình: 10°C/s hoặc lớn hơn và 30°C/s hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát: 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm; và sau đó

thực hiện bước cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc cao hơn và 600°C hoặc thấp hơn.

5. Ống thép hàn điện trở bao gồm phần kim loại cơ bản và phần hàn điện trở,

trong đó phần kim loại cơ bản có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng:

C: 0,030% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Si: 0,02% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn,

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

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0070% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn,

phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và

cho độ dày vách của phần kim loại cơ bản là  $t$ , cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  có kích thước hạt trung bình là 20,0  $\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn và chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích, phần còn lại bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit.

6. Ống thép hàn điện trở theo điểm 5, trong đó thành phần hóa học của phần kim loại cơ bản còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ:

Nb: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,15% hoặc nhỏ hơn,

Ti: 0,050% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, và

B: 0,0050% hoặc nhỏ hơn.

7. Ống thép hàn điện trở theo điểm 5 hoặc 6, trong đó độ dày vách của phần kim loại cơ bản lớn hơn 17 mm và 30 mm hoặc nhỏ hơn.

8. Phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở, bao gồm bước đưa tấm thép cán nóng theo điểm 1 hoặc 2 vào tạo hình cán nguội thành ống hở có dạng hình trụ, cho phép cả hai phần đầu chu vi của ống hở đối đầu với nhau, và thực hiện hàn điện trở.

9. Phương pháp chế tạo ống thép hàn điện trở, bao gồm:

bước gia nhiệt vật liệu thép có thành phần hóa học theo điểm 1 hoặc 2 đến nhiệt



độ gia nhiệt:  $1.100^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $1.300^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn;

sau đó thực hiện bước cán nóng ở nhiệt độ kết thúc cán thô:  $900^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $1.100^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, nhiệt độ bắt đầu cán hoàn thiện:  $800^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $950^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện:  $750^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $850^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn, và tổng giảm cán trong cán hoàn thiện: 60% hoặc lớn hơn;

sau đó thực hiện bước làm mát ở tốc độ làm mát trung bình:  $10^{\circ}\text{C/s}$  hoặc lớn hơn và  $30^{\circ}\text{C/s}$  hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ ngừng làm mát:  $400^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $600^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn đối với nhiệt độ trung tâm độ dày tấm;

sau đó thực hiện bước cuộn ở nhiệt độ  $400^{\circ}\text{C}$  hoặc cao hơn và  $600^{\circ}\text{C}$  hoặc thấp hơn để cung cấp tấm thép cán nóng; và sau đó

bước đưa tấm thép cán nóng vào tạo hình cán nguội thành ống hở có dạng hình trụ, cho phép cả hai phần đầu chu vi của ống hở đối đầu với nhau, và thực hiện hàn điện trở,

trong đó N được hòa tan trong thép được chứa với lượng 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,090% hoặc nhỏ hơn, và

cho độ dày vách của phần thép kim loại cơ bản là t, cấu trúc tế vi thép ở vị trí  $1/2t$  của phần thép cơ bản có kích thước hạt trung bình là  $20,0\text{ }\mu\text{m}$  hoặc nhỏ hơn và chứa 90% hoặc lớn hơn bainit về phần thể tích, và

phần còn lại bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều hơn được chọn từ ferit, peclit, mactensit, và auxtenit.

10. Ống dẫn, bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7.

11. Kết cấu xây dựng bao gồm ống thép hàn điện trở theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7.

1 / 1

FIG. 1

