(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) **1-0035823**

(51)[19] **C22C 38/00**; C22C 38/58; C22C 38/38; C21D 8/02

(13) **B**

(21) 1-2019-06520 (22) 25/04/2018
(86) PCT/JP2018/016764 25/04/2018 (87) WO/2018/199145 01/11/2018
(30) 2017-087702 26/04/2017 JP
(45) 25/05/2023 422 (43) 30/01/2020 382A
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan
(72) ARAO Ryo (JP); IZUMI Daichi (JP); UEDA Keiji (JP); HASE Kazukuni (JP).
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) THÉP CÓ HÀM LƯỢNG MN CAO VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp truyền độ dẻo tốt hơn nữa cho thép có hàm lượng Mn cao mà thép này có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt trong cả kim loại nền và vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt khi hàn. Thép có hàm lượng Mn cao có thành phần hóa học chứa, % theo khối lượng, C: từ 0,10% đến 0,70%, Si: từ 0,05% đến 1,0%, Mn: từ 15% đến 30%, P: 0,030% hoặc thấp hơn, S: 0,0070% hoặc thấp hơn, Al: từ 0,01% đến 0,07%, Cr: từ 0,5% đến 7,0%, N: từ 0,0050% đến 0,0500%, O: 0,0050% hoặc thấp hơn, Ti: thấp hơn 0,005%, và Nb: thấp hơn 0,005%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, có tổ chức tế vi chứa austenit làm pha nền, và phần diện tích của các chất lẫn không phải kim loại trong tổ chức tế vi là nhỏ hơn 5,0%, và thép có ứng suất đàn hồi là 400 MPa hoặc cao hơn và năng lượng được hấp thụ (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép có hàm lượng Mn cao mà phù hợp cho thép kết cấu được sử dụng trong môi trường nhiệt độ cực thấp như bể chứa khí hóa lỏng, cụ thể, thép có hàm lượng Mn cao có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt, và phương pháp sản xuất thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để sử dụng tấm thép được cán nóng trong kết cấu dùng cho bể chứa khí hóa lỏng, tấm thép cần có độ bền cao và độ dẻo dai rất tốt ở nhiệt độ cực thấp do kết cấu được sử dụng ở nhiệt độ cực thấp. Ví dụ, khi tấm thép được cán nóng được sử dụng cho bể chứa khí tự nhiên hóa lỏng, độ dẻo dai rất tốt cần được đảm bảo ở điểm sôi của khí tự nhiên hóa lỏng, nghĩa là, -164°C hoặc thấp hơn. Khi vật liệu thép có độ dẻo dai kém ở nhiệt độ thấp, độ an toàn như kết cấu cho bể chứa ở nhiệt độ cực thấp không thể được duy trì. Vì vậy, có nhu cầu ngày càng tăng đối với các vật liệu thép có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp được cải thiện mà được áp dụng với kết cấu này.

Khi xét đến yêu cầu nêu trên, thông thường thép không gỉ austenit mà có austenit như là kết cấu của tấm thép mà austenit không thể hiện độ giòn ở nhiệt độ cực thấp, thép chứa 9% Ni, hoặc các hợp kim nhôm dòng 5000 thường được sử dụng. Tuy nhiên, chi phí hợp kim và chi phí sản xuất cao, và vì vậy có nhu cầu đối với các vật liệu thép mà không đắt tiền và rất tốt trong độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp.

Đối với các vật liệu thép mới thay thế cho thép thông thường dùng cho nhiệt độ cực thấp, ví dụ, JP 2016-196703 A (tài liệu sáng chế 1) đề xuất sử dụng, như là thép kết cấu được sử dụng trong môi trường nhiệt độ cực thấp, thép có hàm lượng Mn cao được bổ sung với lượng lớn Mn mà đây là thành phần ổn định austenit và tương đối không đắt tiền.

Tài liệu sáng chế 1 đề xuất giải pháp kỹ thuật để kiểm soát đúng kích thước

hạt austenit để ngăn các cacbua được tạo ra trong các biên hạt tinh thể khỏi trở thành nguồn gốc gây nứt và đường lan truyền của các vết nứt. Giải pháp kỹ thuật này có thể đề xuất thép có hàm lượng Mn cao mà thể hiện độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt trong kim loại nền và vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt khi hàn.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế 1: JP 2016-196703 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Khi ứng dụng kết cấu được đề cập ở trên cho bể chứa khí hóa lỏng, điều quan trọng là đảm bảo độ dẻo bên cạnh độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Cụ thể, khi sản xuất kết cấu như thế, các vật liệu thép để được sử dụng trong kết cấu cần có khả năng gia công cao. Ngoài ra, cũng đòi hỏi độ dẻo rất tốt trong ứng dụng này. Tuy nhiên, ở giải pháp kỹ thuật theo tài liệu sáng chế 1, độ dẻo không được xác thực. Hơn nữa, vật liệu thép có hàm lượng Mn cao theo tài liệu sáng chế 1 có độ dày nằm trong khoảng từ 15 mm đến 50 mm, nhưng ví dụ, trong ứng dụng như chi tiết dọc, độ dày được yêu cầu nhỏ hơn 15 mm, cụ thể 10 mm hoặc nhỏ hơn. Khi tấm mỏng này được sản xuất, giải pháp kỹ thuật như được mô tả trong đoạn 0040 của tài liệu sáng chế 1 trong đó quá trình cán nóng ở 950°C hoặc cao hơn và quá trình làm nguội tăng tốc tiếp theo được thực hiện có xu hướng gây ra sự lệch và biến dạng trong tấm thép thu được, mà yêu cầu quá trình thêm như điều chỉnh hình dạng. Vì vậy suy giảm năng suất.

Vì vậy có thể là hữu ích khi đề xuất phương pháp truyền độ dẻo tốt hơn nữa cho thép có hàm lượng Mn cao mà théo này có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt trong cả kim loại nền và vùng bị ảnh hưởng nhiệt bởi nhiệt khi hàn. Hơn nữa, có thể là hữu ích khi đề xuất phương pháp sản xuất tấm mỏng từ thép có hàm lượng Mn cao này mà không bị uốn võng hoặc biến dạng. Như được sử dụng ở đây, "có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt" có nghĩa là năng lượng được hấp thụ $vE_{-196°C}$ trong thử nghiệm va đập Charpy ở nhiệt độ -196°C là 100 J hoặc cao hơn.

Giải quyết vấn đề

Để đạt được các mục đích được đề cập ở trên, các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu chuyên sâu về thép có hàm lượng Mn cao đối với các yếu tố khác nhau để xác định thành phần hóa học của tấm thép và phương pháp sản xuất thép có hàm lượng Mn cao này và phát hiện được các đặc điểm như sau:

a. Thép austenit có hàm lượng Mn cao không xảy ra sự nứt vỡ giòn ở nhiệt độ cực thấp. Sự nứt vỡ này xảy ra từ các biên hạt. Điều này cho thấy rằng để cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp của thép có hàm lượng Mn cao, điều hiệu quả là làm thô các hạt tinh thể để nhờ đó làm giảm các biên hạt mà trở thành nguồn gốc gây vết nứt và đường lan truyền nứt.

b. Hơn nữa, các tác giả sáng chế mới phát hiện ra các chất lẫn không phải kim loại trở thành nguồn gốc gây nứt và đường lan truyền của các vết nứt vì vậy ảnh hưởng xấu đến độ dẻo dai và độ dẻo ở nhiệt độ thấp. Vì vậy, bằng cách kiểm soát đúng hàm lượng Cr được bổ sung vào thép có hàm lượng Mn cao, và hạn chế các hàm lượng C của Ti và Nb mà không tránh khỏi bị trộn lẫn, sự tăng các biên hạt tinh thể và sự tạo ra của các chất lẫn không phải kim loại quá mức mà sẽ trở thành nguồn gốc gây vết nứt có thể tránh được.

c. Mặt khác, quá trình làm thô đơn giản các hạt tinh thể làm suy giảm ứng suất đàn hồi. Hơn nữa, khi tấm mỏng có độ dày nhỏ hơn 15 mm được sản xuất, tấm thép thu được có xu hướng bị uốn võng và biến dạng. Do đó, để đảm bảo đủ ứng suất đàn hồi như thép kết cấu và không bị uốn võng hoặc biến dạng trong tấm thép, điều cần thiết là kiểm soát đúng các điều kiện của quá trình cán nóng trong sản xuất tấm thép.

Sáng chế dựa trên các phát hiện này và nghiên cứu thêm được thực hiện bởi các tác giả. Các dấu hiệu kỹ thuật chính của sáng chế như sau.

1. Thép có hàm lượng Mn cao bao gồm:

thành phần hóa học chứa (gồm có), % theo khối lượng,

C: 0,30% hoặc cao hơn và 0,90% hoặc thấp hơn,

Si: 0,05% hoặc cao hơn và 1,0% hoặc thấp hơn,

Mn: 15% hoặc cao hơn và 30% hoặc thấp hơn,

P: 0,030% hoặc thấp hơn,

S: 0,0070% hoặc thấp hơn,

Al: 0,01% hoặc cao hơn và 0,07% hoặc thấp hơn,

Cr: 0,5% hoặc cao hơn và 7,0% hoặc thấp hơn,

N: 0,0050% hoặc cao hơn và 0,0500% hoặc thấp hơn, và

O: 0,0050% hoặc thấp hơn,

Ti: thấp hơn 0,005%, và

Nb: thấp hơn 0,005%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

tổ chức tế vi chứa austenit làm pha nền và các chất lẫn không phải kim loại có phần diện tích nhỏ hơn 5,0%; và

ứng suất đàn hồi là 400 MPa hoặc cao hơn và năng lượng được hấp thụ (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn.

Các chất lẫn không phải kim loại là các chất lẫn không phải kim loại trong thử nghiệm kết cấu JIS G0202, và cụ thể đề cập đến các chất lẫn loại A, các chất lẫn loại B, và các chất lẫn loại C mà được mô tả trong JIS G0202.

2. Thép có hàm lượng Mn cao theo mục 1, trong đó thành phần hóa học còn chứa, % theo khối lượng, ít nhất một chất được chọn từ:

Cu: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn,

Ni: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn,

Mo: 2,0% hoặc thấp hơn,

V: 2,0% hoặc thấp hơn,

W: 2,0% hoặc thấp hơn,

Ca: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn,

Mg: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, và

kim loại đất hiếm (REM: Rare Earth Metal): 0,0010% hoặc cao hơn và

0,0200% hoặc thấp hơn.

3. Phương pháp sản xuất thép có hàm lượng Mn cao bao gồm: nung nóng vật liệu thép có thành phần hóa học theo mục 1 hoặc 2 đến phạm vi nhiệt độ là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn; cán nóng vật liệu thép với nhiệt độ kết thúc cán là 800°C hoặc cao hơn và thấp hơn 950°C để thu được tấm thép được cán nóng; và sau đó để tấm thép được cán nóng trải qua bước xử lý làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình là 1,0°C/giây hoặc cao hơn từ nhiệt độ bằng hoặc cao hơn (nhiệt độ kết thúc cán – 100°C) đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn.

Mỗi phạm vi nhiệt độ là nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép hoặc tấm thép.

4. Phương pháp sản xuất thép có hàm lượng Mn cao theo mục 3 còn bao gồm: sau bước xử lý làm nguội, nung nóng tấm thép đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn và sau đó làm nguội tấm thép.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra thép có hàm lượng Mn cao rất tốt về độ dẻo dai và độ dẻo ở nhiệt độ thấp. Khi thép có hàm lượng Mn cao được hàn, cả hai kim loại nền và vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt khi hàn có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt. Do đó, thép có hàm lượng Mn cao theo sáng chế góp phần lớn vào sự cải thiện về độ an toàn và tuổi thọ kết cấu thép được sử dụng trong môi trường nhiệt độ cực thấp như là bể chứa dùng cho bể chứa khí hóa lỏng, và có hiệu quả đáng kể về mặt công nghiệp. Hơn nữa, phương pháp sản xuất theo sáng chế không làm giảm năng suất hoặc tăng chi phí sản xuất, và vì vậy rất tốt về hiệu quả kinh tế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thép có hàm lượng Mn cao theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Thành phần hóa học

Thành phần hóa học của thép có hàm lượng Mn cao theo sáng chế và các lý do cho các hạn chế của nó được mô tả trước tiên. Trong khi mô tả về thành phần hóa học, "%" có nghĩa là "% theo khối lượng" trừ khi được ghi chú cụ thể.

C: 0,30% hoặc cao hơn và 0,90% hoặc thấp hơn

C là thành phần ổn định austenit không đắt tiền, và thành phần quan trọng để thu được austenit. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng C cần là 0,30% hoặc cao hơn. Mặt khác, hàm lượng C vượt quá 0,90% tạo ra các cacbua Cr quá mức, làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Do đó, hàm lượng C được thiết đặt là 0,30% hoặc cao hơn và 0,90% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh ổn định austenit, giới hạn dưới của hàm lượng C tốt hơn là 0,36%, và tốt hơn nữa là 0,40%. Hơn nữa, từ khía cạnh ngăn sự suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp, giới hạn trên của hàm lượng C tốt hơn là 0,80%, và tốt hơn nữa là 0,66%. Đối với hàm lượng C tốt hơn, các giới hạn trên và các giới hạn dưới có thể được kết hợp tùy ý. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng C tốt hơn là được thiết đặt là 0,36% hoặc cao hơn và 0,80% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 0,40% hoặc cao hơn và 0,80% hoặc thấp hơn.

Si: 0,05% hoặc cao hơn và 1,0% hoặc thấp hơn

Si hoạt động như là chất khử oxy, cần thiết cho quá trình luyện thép, và hiệu quả trong việc tăng độ cứng của tấm thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn khi được hòa tan trong thép. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Si cần là 0,05% hoặc cao hơn. Mặt khác, hàm lượng Si vượt quá 1,0% làm suy giảm khả năng hàn được. Do đó, hàm lượng Si được thiết đặt là 0,05% hoặc cao hơn và 1,0% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh thu được tấm thép có độ cứng được tăng, giới hạn dưới của hàm lượng Si tốt hơn là 0,07%, tốt hơn nữa là 0,23%, tốt hơn nữa là 0,26%, và tốt hơn nữa là 0,51%. Hơn nữa, từ khía cạnh ngăn sự suy giảm trong khả năng hàn được, giới hạn trên của hàm lượng Si được thiết đặt là 0,8%, tốt hơn nữa là 0,7%, tốt hơn nữa là 0,6%, và tốt hơn nữa là 0,5%. Đối với hàm lượng Si tốt hơn, giới hạn trên và giới hạn dưới có thể được kết hợp. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng Si tốt hơn là được thiết đặt là 0,07% hoặc cao hơn và 0,8% hoặc thấp hơn, 0,23% hoặc cao hơn và 0,7% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 0,26% hoặc cao hơn và 0,6% hoặc thấp hơn. Hơn nữa, hàm lượng Si tốt hơn là 0,07% hoặc cao hơn và 0,5% hoặc thấp hơn.

Mn: 15,0% hoặc cao hơn và 30,0% hoặc thấp hơn

Mn là thành phần ổn định austenit tương đối không đắt tiền. Theo sáng chế, Mn là thành phần quan trọng để đạt được cả độ bền và độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp. Để thu được các hiệu quả này, hàm lượng Mn cần là 15,0% hoặc cao hơn. Mặt

khác, hàm lượng Mn ngoài 30,0% không tăng hiệu quả cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp, nhưng tăng chi phí hợp kim. Hơn nữa, hàm lượng Mn cao làm suy giảm khả năng hàn được và khả năng cắt được, và còn thúc đẩy sự phân tách cũng như sự xảy ra nứt ăn mòn ứng suất. Do đó, hàm lượng Mn được thiết đặt là 15,0% hoặc cao hơn và 30,0% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh ổn định austenit, giới hạn dưới của hàm lượng Mn tốt hơn là 16,0%, tốt hơn nữa là 18,0%, và tốt hơn nữa là 19,0%. Hơn nữa, từ khía cạnh ngăn sự suy giảm trong độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp, giới hạn trên của hàm lượng Mn tốt hơn là 29,0%, và tốt hơn nữa là 28,0%. Đối với hàm lượng Mn tốt hơn, các giới hạn trên và các giới hạn dưới có thể được kết hợp tùy ý. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng Mn tốt hơn là được thiết đặt là 16,0% hoặc cao hơn và 29,0% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 18,0% hoặc cao hơn và 28,0% hoặc thấp hơn.

P: 0,030% hoặc thấp hơn

Khi hàm lượng P ngoài 0,030%, P phân tách đến các biên hạt và trở thành nguồn gốc của nứt ăn mòn ứng suất. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng P là 0,030%, và mong muốn là, hàm lượng P được giữ càng nhỏ càng tốt. Do đó, hàm lượng P được thiết đặt là 0,030% hoặc thấp hơn. Hơn nữa, từ khía cạnh giảm nguồn gốc nứt ăn mòn ứng suất, giới hạn trên của hàm lượng P tốt hơn là 0,028% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 0,024% hoặc thấp hơn. Tuy nhiên, việc giảm P quá mức liên quan đến chi phí tinh luyện cao và bất lợi về kinh tế. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng P tốt hơn là được thiết đặt là 0,002%, và tốt hơn nữa là 0,005%.

S: 0,0070% hoặc thấp hơn

S làm suy giảm độ dẻo dai và độ dẻo ở nhiệt độ thấp của kim loại nền. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng S là 0,0070%, và mong muốn là, hàm lượng S được giữ càng nhỏ càng tốt. Do đó, hàm lượng S được thiết đặt là 0,0070% hoặc thấp hơn. Từ khía cạnh ngăn sự suy giảm trong độ dẻo dai và độ dẻo ở nhiệt độ thấp của kim loại nền, giới hạn trên của hàm lượng S tốt hơn là 0,0060% hoặc thấp hơn. Tuy nhiên, việc giảm S quá mức liên quan đến chi phí tinh luyện cao và bất lợi về kinh tế. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng S tốt hơn là được thiết đặt là 0,001% hoặc cao hơn. Hàm lượng S tốt hơn là được thiết đặt là 0,0020% hoặc cao hơn và

0,0060% hoặc thấp hơn.

Al: 0,01% hoặc cao hơn và 0,07% hoặc thấp hơn

Al hoạt động như là chất khử oxy và được sử dụng phổ biến nhất trong các quá trình khử oxy thép nóng chảy để thu được tấm thép. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Al cần là 0,01% hoặc cao hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Al ngoài 0,07%, Al được trộn vào trong phần kim loại hàn trong quá trình hàn, làm suy giảm độ dẻo dai của kim loại hàn. Do đó, hàm lượng Al được thiết đặt là 0,07% hoặc thấp hơn. Do đó, hàm lượng Al được thiết đặt là 0,01% hoặc cao hơn và 0,07% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh thu được hiệu quả như chất khử oxy, giới hạn dưới của hàm lượng Al tốt hơn là 0,02%, tốt hơn nữa là 0,046%, và tốt hơn nữa là 0,052%. Hơn nữa, từ khía cạnh độ dẻo dai của kim loại hàn, giới hạn trên của hàm lượng Al tốt hơn là được thiết đặt là 0,065%, và tốt hơn nữa là 0,06%. Đối với hàm lượng Al, giới hạn trên và giới hạn dưới có thể được kết hợp. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng Al tốt hơn là được thiết đặt là 0,02% hoặc cao hơn và 0,06% hoặc thấp hơn.

Cr: 0,5% hoặc cao hơn và 7,0% hoặc thấp hơn

Cr là thành phần mà làm ổn định austenit với lượng bổ sung thích hợp và hiệu quả trong việc cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp và độ bền của kim loại nền. Để thu được các hiệu quả này, hàm lượng Cr cần là 0,5% hoặc cao hơn. Mặt khác, hàm lượng Cr ngoài 7,0% tạo ra các cacbua Cr, làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp và chống nứt ăn mòn ứng suất. Do đó, hàm lượng Cr được thiết đặt là 0,5% hoặc cao hơn và 7,0% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp và độ bền của kim loại nền, giới hạn dưới của hàm lượng Cr tốt hơn là 1% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 1,2%, và tốt hơn nữa là 2,0%. Hơn nữa, từ khía cạnh độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp và chống nứt ăn mòn ứng suất, giới hạn trên của hàm lượng Cr tốt hơn là được thiết đặt là 6,7% hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 6,5% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 6,0%. Đối với hàm lượng Cr tốt hơn, các giới hạn trên và các giới hạn dưới có thể được kết hợp tùy ý. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng Cr tốt hơn là được thiết đặt là 1,0% hoặc cao hơn và 6,7% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 1,2% hoặc cao hơn và 6,5% hoặc thấp hơn. Để cải thiện hơn chống nứt ăn mòn ứng suất, hàm lượng Cr tốt hơn nữa là 2,0% hoặc cao hơn và 6,0% hoặc

thấp hơn.

N: 0,0050% hoặc cao hơn và 0,0500% hoặc thấp hơn

N là thành phần ổn định austenit và thành phần mà hiệu quả trong việc cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng N cần là 0,0050% hoặc cao hơn. Mặt khác, hàm lượng N ngoài 0,0500% làm thô các nitrit hoặc các carbonitrit, làm suy giảm độ dẻo dai. Do đó, hàm lượng N được thiết đặt là 0,0050% hoặc cao hơn và 0,0500% hoặc thấp hơn. Cụ thể, từ khía cạnh cải thiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp, giới hạn dưới của hàm lượng N tốt hơn là 0,0060% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là 0,0355%, và tốt hơn nữa là 0,0810%. Hơn nữa, từ khía cạnh ngăn sự suy giảm trong độ dẻo dai, giới hạn trên của hàm lượng N tốt hơn là được thiết đặt là 0,0450% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 0,0400% hoặc thấp hơn. Đối với hàm lượng N tốt hơn, các giới hạn trên và các giới hạn dưới của hàm lượng N có thể được kết hợp tùy ý. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng N tốt hơn là được thiết đặt là 0,0060% hoặc cao hơn và 0,0400% hoặc thấp hơn.

O: 0,0050% hoặc thấp hơn

O làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp do của sự tạo ra của các oxit. Do đó, hàm lượng O được thiết đặt là 0,0050% hoặc thấp hơn. Từ khía cạnh ngăn sự suy giảm trong độ dẻo dai, giới hạn trên của hàm lượng O tốt hơn là 0,0045% hoặc thấp hơn. Hơn nữa, giới hạn dưới của hàm lượng O tốt hơn là 0,0023% hoặc cao hơn. Đối với hàm lượng O tốt hơn, các giới hạn trên và các giới hạn dưới của hàm lượng O có thể được kết hợp tùy ý. Vì vậy, ví dụ, hàm lượng O tốt hơn là được thiết đặt là 0,0023% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn.

Ti: nhỏ hơn 0,005%, và Nb: nhỏ hơn 0,005%

Ti và Nb tạo ra các carbonitrit có điểm nóng chảy cao trong thép để ngăn sự làm thô các hạt tinh thể, sau đó trở thành nguồn gốc gây nứt và đường lan truyền của các vết nứt. Cụ thể, trong thép có hàm lượng Mn cao, kiểm soát kết cấu cản trở Ti và Nb để tăng cường độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp và cải thiện độ dẻo, và vì vậy, cần được hạn chế một cách có chủ ý. Cụ thể, Ti và Nb là các thành phần mà không tránh khỏi bị trộn lẫn từ các nguyên liệu vào trong thép, và Ti là 0,005% hoặc cao hơn và 0,010% hoặc thấp hơn và Nb là 0,005% hoặc cao hơn và 0,010% hoặc thấp

hơn thường được trộn. Vì vậy, theo phương pháp được mô tả ở dưới, điều cần thiết là tránh sự trộn lẫn không thể tránh được của Ti và Nb và giới hạn hàm lượng của mỗi Ti và Nb đến nhỏ hơn 0,005%. Bằng cách hạn chế hàm lượng của mỗi Ti và Nb đến nhỏ hơn 0,005% để loại bỏ ảnh hưởng xấu của các carbonitrit, độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt và độ dẻo có thể được đảm bảo. Do đó, từ khía cạnh độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt và độ dẻo, hàm lượng của mỗi Ti và Nb tốt hơn là được thiết đặt là 0,004% hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 0,003% hoặc thấp hơn.

Phần còn lại ngoài các thành phần được đề cập ở trên bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Các tạp chất không thể tránh khỏi bao gồm H, và tổng hàm lượng là 0,01% có thể được cho phép.

Kết cấu

Tổ chức tế vi mà có austenit làm pha nền của nó.

Khi vật liệu thép có kết cấu tinh thể lập phương tâm khối (body centered cubic, bcc), vật liệu thép có thể gây ra sự nứt vỡ giòn trong môi trường nhiệt độ thấp, và vì vậy, không phù hợp cho việc sử dụng trong môi trường nhiệt độ thấp. Khi vật liệu thép được cho là được sử dụng trong môi trường nhiệt độ thấp, vật liệu thép được yêu cầu có, như pha nền của nó, kết cấu austenit mà có kết cấu tinh thể lập phương tâm mặt (face centered cubic, fcc). Như được sử dụng ở đây, "có austenit làm pha nền của nó" nghĩa là tỷ lệ diện tích của pha austenit là 90% hoặc cao hơn. Khi tỷ lệ diện tích của pha austenit là 90% hoặc cao hơn, độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp có thể được đảm bảo. Phần còn lại ngoài pha austenit là pha ferit hoặc martensit. Tuy nhiên, ngay cả lượng nhỏ % martensit làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Vì vậy, đối với tổ chức tế vi mà có austenit như pha nền theo sáng chế, kết cấu tốt hơn là kết cấu về cơ bản không có % pha martensit. Cụ thể, để đảm bảo độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp, phần thể tích của % martensit tốt hơn là nhỏ hơn 1,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,5%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,1%.

Tỷ lệ diện tích của các chất lẫn không phải kim loại: nhỏ hơn 5,0%

Đối với các chất lẫn không phải kim loại, loại A nghĩa là các chất lẫn sulfua, loại B nghĩa là các chất lẫn loại cụm, và loại C nghĩa là các chất lẫn oxit dạng hạt. Khi lượng lớn các chất lẫn không phải kim loại này tồn tại trong thép, chúng trở

thành nguồn gốc gây nứt, làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp và độ dẻo. Do đó, phần diện tích của các chất lẫn tổng cộng cần được hạn chế đến 5% hoặc thấp hơn, và tốt hơn là 4% hoặc thấp hơn. Theo đó, sự kiểm soát của thành phần hóa học như được đề cập ở trên và phương pháp sản xuất sau cần được thực hiện.

Hơn nữa, khi tỷ lệ diện tích của pha austenit là 90% hoặc cao hơn và phần diện tích của các chất lẫn không phải kim loại là nhỏ hơn 5,0%, thép thể hiện độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp và độ dẻo tốt có thể được tạo ra.

Khi các yêu cầu ở trên được thỏa mãn, các đặc tính được mong muốn trong sáng chế có thể thu được. Ví dụ, khi thép có hàm lượng Mn cao trải qua quá trình xử lý hàn, độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp của vùng bị ảnh hưởng nhiệt đặc biệt là vấn đề đáng quan tâm. Tuy nhiên, khi thép có hàm lượng Mn cao thỏa mãn các yêu cầu được đề cập ở trên được sử dụng, tổ chức tế vi của vùng bị ảnh hưởng nhiệt có austenit như pha nền của nó, và kích thước hạt của austenit là đường kính đường tròn tương đương là 50 μm hoặc cao hơn. Vì vậy, độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp được đảm bảo trong vùng bị ảnh hưởng nhiệt.

Cụ thể, bước làm thô các hạt tinh thể hiệu quả trong việc đảm bảo độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp trong thép austenit. Tương tự cho vùng bị ảnh hưởng nhiệt. Ví dụ, để thu được mức 100 J hoặc cao hơn khi năng lượng được hấp thụ của thử nghiệm va đập Charpy ở -196°C, kích thước hạt tinh thể lớn nhất của tổ chức tế vi cần là 50 μm hoặc cao hơn, mà đạt được bằng cách sử dụng thép có hàm lượng Mn cao thỏa mãn các yêu cầu được đề cập ở trên.

Theo sáng chế, để cải thiện độ bền và độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp hơn nữa, ngoài các thành phần cần thiết được mô tả ở trên, các thành phần sau có thể được bao gồm khi cần thiết.

Ít nhất một trong Cu: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn, Ni: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn, Mo: 2,0% hoặc thấp hơn, V: 2,0% hoặc thấp hơn, W: 2,0% hoặc thấp hơn, Ca: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, Mg: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, và REM: 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0200% hoặc thấp hơn.

Cu: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn, Ni: 0,01% hoặc cao hơn và

1,00% hoặc thấp hơn, Mo, V, và W: 2,0% hoặc thấp hơn

Cu, Ni, Mo, V, và W ổn định austenit và cải thiện độ bền của kim loại nền. Để thu được hiệu quả này, mỗi Cu và Ni tốt hơn là được chứa với lượng 0,01% hoặc cao hơn, và mỗi Mo, V, và W tốt hơn là được chứa với lượng 0,001% hoặc cao hơn. Mặt khác, khi hàm lượng của mỗi Cu và Ni ngoài 1,00%, hoặc hàm lượng của mỗi Mo, V, và W ngoài 2,0%, các carbonitrit thô được tạo ra, mà có thể trở thành nguồn gốc gây nứt, và ngoài ra tăng chi phí sản xuất. Do đó, khi có chứa các thành phần tạo hợp kim này, hàm lượng của mỗi Cu và Ni tốt hơn là 1,00% hoặc thấp hơn, và hàm lượng của mỗi Mo, V, và W tốt hơn là 2,0% hoặc thấp hơn. Hàm lượng của mỗi Cu và Ni tốt hơn nữa là 0,05% hoặc cao hơn và 0,70% hoặc thấp hơn. Hàm lượng của mỗi Mn, V, và W tốt hơn nữa là 0,003% hoặc cao hơn và 1,7% hoặc thấp hơn.

Ca: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, Mg: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, REM: 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0200% hoặc thấp hơn

Ca, Mg, và REM là các thành phần hữu ích cho việc kiểm soát hình thái các chất lẫn, và có thể được chứa khi cần thiết. Sự kiểm soát hình thái của các chất lẫn nghĩa là tạo hạt các chất lẫn có gốc sulfua được kéo dài. Sự kiểm soát hình thái các chất lẫn cải thiện độ dẻo, độ dẻo dai, và chống nứt ăn mòn ứng suất do sulfua. Để thu được các hiệu quả này, Ca và Mg tốt hơn là được chứa với lượng 0,0005% hoặc cao hơn và REM tốt hơn là được chứa với lượng 0,0010% hoặc cao hơn. Mặt khác, khi các thành phần này được chứa với lượng lớn, không chỉ lượng các chất lẫn không phải kim loại có thể được tăng, kết thúc sự suy giảm độ dẻo, độ dẻo dai, và chống nứt ăn mòn ứng suất do sulfua, mà còn có thể gây ra sự bất lợi kinh tế.

Do đó, khi Ca và Mg được chứa, hàm lượng của mỗi thành phần được thiết đặt là 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn. Khi REM được chứa, hàm lượng được thiết đặt là 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0200% hoặc thấp hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Ca được thiết đặt là 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0040% hoặc thấp hơn, hàm lượng Mg được thiết đặt là 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0040% hoặc thấp hơn, và hàm lượng REM được thiết đặt là 0,0020% hoặc cao hơn và 0,0150% hoặc

thấp hơn.

Thép có hàm lượng Mn cao theo sáng chế có thể thu được từ thép nóng chảy có thành phần hóa học được đề cập ở trên mà được điều chế bằng cách luyện thép sử dụng phương pháp đã được biết đến công khai như sử dụng lò luyện thép và lò nung điện. Ngoài ra, thép có hàm lượng Mn cao có thể cũng trải qua sự tinh luyện thứ cấp trong lò khử khí chân không. Trong quá trình tinh luyện thứ cấp, để hạn chế các hàm lượng của Ti và Nb mà cản trở sự kiểm soát kết cấu phù hợp trong phạm vi được đề cập ở trên, cần thiết ngăn Ti và Nb khỏi bị trộn lẫn không tránh khỏi từ các nguyên liệu hoặc các thành phần tương tự vào trong thép và giảm các hàm lượng của Ti và Nb. Ví dụ, bằng cách giảm độ kiềm của xỉ trong giai đoạn tinh luyện, các thành phần hợp kim này được cô đặc trong xỉ để được xả, vì vậy giảm các nồng độ Ti và Nb trong sản phẩm phôi tấm cuối cùng. Hơn nữa, phương pháp có thể được sử dụng trong đó oxy được bơm vào để oxy hóa, tuyển nổi và tách hợp kim của Ti và Nb trong quá trình lưu thông. Tiếp theo, tốt hơn là làm cho thép thành vật liệu thép như phôi tấm có kích thước được xác định bằng phương pháp luyện thép đã được biết công khai như phương pháp đúc liên tục hoặc đúc thỏi và đúc thành thỏi.

Hơn nữa, các điều kiện sản xuất được định ra để làm cho vật liệu thép được đề cập ở trên thành vật liệu thép có độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp rất tốt.

Nhiệt độ nung nóng vật liệu thép: 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn

Để làm thô các hạt tinh thể của tổ chức tế vi của vật liệu thép, nhiệt độ nung nóng trước quá trình cán nóng được thiết đặt là 1100°C hoặc cao hơn. Hơn nữa, khi giới hạn dưới của nhiệt độ nung nóng của vật liệu thép thấp hơn 1100°C, lượng các chất lẫn không phải kim loại trong thép tăng lên, vì vậy làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ cực thấp và độ dẻo. Tuy nhiên, nhiệt độ nung nóng vượt quá 1300°C có thể gây ra sự tan chảy cục bộ. Vì vậy, giới hạn trên của nhiệt độ nung nóng được thiết đặt là 1300°C. Nhiệt độ được kiểm soát dựa trên nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép.

Nhiệt độ kết thúc cán: 800°C hoặc cao hơn và thấp hơn 950°C

Thỏi hoặc phôi thép được nung nóng và sau đó trải qua quá trình cán nóng. Để làm thô các hạt tinh thể, tốt hơn là tăng giảm cán tích lũy ở nhiệt độ cao. Tuy nhiên,

các hạt tinh thể trở thành thô quá mức trong phạm vi nhiệt độ 950°C hoặc cao hơn, và vì vậy ứng suất đàn hồi được mong muốn không thể thu được. Do đó, quá trình cán kết thúc cuối cùng của ít nhất một khuôn cán nhỏ hơn 950°C là cần thiết. Mặt khác, quá trình cán nóng ở nhiệt độ thấp tinh luyện tổ chức tế vi và gây ra biến dạng gia công quá mức, vì vậy làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Do đó, giới hạn dưới của nhiệt độ kết thúc cán được thiết đặt là 800°C.

Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ bằng hoặc cao hơn (nhiệt độ kết thúc cán - 100°C) đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn: 1,0°C/giây hoặc cao hơn.

Sau quá trình cán nóng, quá trình làm nguội được thực hiện ngay lập tức. Quá trình làm nguội chậm của tấm thép sau quá trình cán nóng thúc đẩy sự tạo ra các kết tủa, vì vậy làm suy giảm độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Quá trình làm nguội tấm thép ở tốc độ làm nguội là 1°C/giây hoặc cao hơn có thể ngăn sự tạo ra các kết tủa này. Hơn nữa, quá trình làm nguội quá mức làm biến dạng tấm thép, làm suy giảm năng suất. Do đó, giới hạn trên của nhiệt độ bắt đầu làm nguội được thiết đặt là 900°C. Đối với các lý do được đề cập ở trên, trong quá trình làm nguội sau quá trình cán nóng, vận tốc trung bình của quá tring làm nguội bề mặt của tấm thép từ nhiệt độ bằng hoặc cao hơn (nhiệt độ kết thúc cán - 100°C) đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn được thiết đặt là 1,0°C/giây hoặc cao hơn. Trong trường hợp làm nguội bằng không khí tấm thép dày có độ dày là 10 mm hoặc bé hơn, tốc độ làm nguội là 1°C/giây hoặc cao hơn. Bằng cách làm nguội bằng không khí tấm thép có độ dày là 10 mm hoặc bé hơn, tấm thép có thể không bị biến dạng.

Hơn nữa, sau quá trình xử lý làm nguội, việc xử lý nung nóng đến phạm vi nhiệt độ 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn và sau đó làm nguội có thể được bổ sung khi cần thiết. Cụ thể, việc xử lý ủ có thể được thực hiện để điều chỉnh độ bền của tấm thép.

Các ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây thông qua các ví dụ. Lưu ý rằng sáng chế không bị hạn chế ở các ví dụ sau đây.

Các phôi thép có các thành phần hóa học được liệt kê trong bảng 1 được tạo ra bởi quy trình tinh luyện với lò luyện thép và gàu rót và đúc liên tục. Tiếp theo, các phôi thép thu được được đưa vào lò nung và nung nóng đến 1150°C, và sau đó, được cán nóng thành các tấm thép có độ dày từ 10 mm đến 30 mm. Các đặc tính độ bền kéo và độ dẻo dai của các tấm thép được đánh giá như được mô tả ở dưới.

(1) Các đặc tính thử nghiệm độ bền kéo

Các mẫu thử độ bền kéo theo tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản (JIS: Japanese Industrial Standards) số 5 được thu thập từ mỗi tấm thép. Sau đó, các mẫu thử trải qua thử nghiệm độ bền kéo theo tiêu chuẩn JIS Z 2241 (1998) để nghiên cứu các đặc tính thử nghiệm độ bền kéo. Theo sáng chế, khi mẫu thử có ứng suất đàn hồi là 400 MPa hoặc cao hơn và độ bền kéo là 800 MPa hoặc cao hơn, tấm thép tương ứng được xác định có các đặc tính độ bền kéo rất tốt. Hơn nữa, khi mẫu thử có tổng độ kéo dài là 30% hoặc cao hơn khi đứt gãy, tấm thép tương ứng được xác định có độ dẻo rất tốt.

(2) Độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp

Các mẫu thử khía hình chữ V Charpy được thu thập từ mỗi tấm thép có độ dày tấm lớn hơn 20 mm ở vị trí 1/4 của độ dày tấm hoặc từ mỗi tấm thép có độ dày tấm 20 mm hoặc thấp hơn ở vị trí 1/2 của độ dày tấm, theo hướng vuông góc với hướng cán theo tiêu chuẩn JIS Z 2202 (1998). Sau đó, các mẫu thử trải qua thử nghiệm va đập Charpy theo tiêu chuẩn JIS Z 2242 (1998), mà ba mẫu thử được sử dụng cho mỗi tấm thép, để xác định năng lượng được hấp thụ ở nhiệt độ -196°C và đánh giá kim loại nền độ dẻo dai. Khi ba mẫu thử có năng lượng được hấp thụ trung bình (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn, tấm thép tương ứng được xác định có độ dẻo dai thép cơ sở tốt.

Các kết quả đánh giá được đề cập ở trên được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 1

Số thép	Thành phần hóa học (% theo khối lượng)																			Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	O	N	Nb	V	Ti	Cu	Ni	Mo	W	Ca	Mg	REM	
1	0,600	0,45	27,3	0,028	0,0066	0,029	4,52	0,0028	0,0084	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
2	0,369	0,32	21,8	0,015	0,0037	0,026	2,26	0,0036	0,0073	0,001	-	0,002	-	-	0,25	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
3	0,552	0,38	21,0	0,023	0,0037	0,047	5,71	0,0027	0,0307	0,001	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
4	0,554	0,07	24,7	0,019	0,0028	0,028	6,00	0,0018	0,0192	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
5	0,374	0,65	19,5	0,011	0,0046	0,027	5,82	0,0020	0,0211	0,002	-	0,004	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
6	0,481	0,42	26,6	0,006	0,0019	0,016	6,23	0,0033	0,0060	0,003	-	0,003	0,4	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
7	0,454	0,51	24,5	0,020	0,0030	0,042	1,80	0,0022	0,0280	0,003	0,07	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
8	0,633	0,43	24,2	0,016	0,0064	0,035	5,27	0,0035	0,0389	0,004	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
9	0,753	0,45	29,0	0,015	0,0039	0,029	3,20	0,0034	0,0104	0,001	-	0,001	0,5	0,5	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
10	0,545	0,50	22,1	0,010	0,0057	0,020	6,72	0,0030	0,0357	0,002	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
11	0,412	0,38	24,4	0,016	0,0036	0,070	4,64	0,0015	0,0205	0,001	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
12	0,799	0,38	27,7	0,014	0,0050	0,054	4,80	0,0029	0,0276	0,001	-	0,001	-	-	0,05	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
13	0,435	0,48	18,9	0,027	0,0042	0,040	5,65	0,0027	0,0400	0,002	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép theo sáng chế
14	0,686	0,47	20,1	0,026	0,0022	0,049	5,16	0,0021	0,0339	0,001	-	0,001	-	-	-	0,05	-	-	-	Thép theo sáng chế
15	0,669	0,38	28,5	0,022	0,0035	0,046	3,83	0,0029	0,0175	0,002	-	0,001	-	-	-	-	0,0021	-	-	Thép theo sáng chế
16	0,629	0,28	18,5	0,008	0,0041	0,060	2,83	0,0040	0,0225	0,002	-	0,001	-	-	-	-	-	0,0020	-	Thép theo sáng chế
17	0,356	0,39	27,3	0,011	0,0034	0,038	2,02	0,0026	0,0121	0,002	-	0,001	-	-	-	-	-	-	0,0015	Thép theo sáng chế

Lưu ý: các giá trị được gạch dưới là ngoài phạm vi sáng chế.

Bảng 1 (tiếp theo)

Số thép	Thành phần hóa học (% theo khối lượng)																			Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Al	Cr	O	N	Nb	V	Ti	Cu	Ni	Mo	W	Ca	Mg	REM	
18	0,924	0,49	17,0	0,009	0,0065	0,033	3,92	0,0035	0,0326	0,002	-	0,001	0,2	-	0,10	-	-	-	-	Thép so sánh
19	0,080	0,54	27,8	0,015	0,0034	0,034	6,11	0,0038	0,0126	0,004	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
20	0,582	1,20	26,9	0,013	0,0057	0,040	1,80	0,0019	0,0291	0,002	0,005	0,001	-	-	-	-	-	-	0,0055	Thép so sánh
21	0,514	0,01	27,1	0,010	0,0028	0,070	5,34	0,0025	0,0144	0,003	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
22	0,488	0,45	32,3	0,015	0,0042	0,052	6,64	0,0032	0,0129	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
23	0,680	0,64	14,5	0,002	0,0036	0,049	6,83	0,0026	0,0123	0,001	-	0,001	-	-	0,21	0,12	-	-	-	Thép so sánh
24	0,479	0,47	15,8	0,040	0,0045	0,051	3,48	0,0024	0,0268	0,001	-	0,001	-	-	-	-	0,0020	-	-	Thép so sánh
25	0,265	0,31	18,5	0,017	0,0085	0,035	4,45	0,0024	0,0311	0,001	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
26	0,498	0,28	26,6	0,019	0,0044	0,009	5,32	0,0072	0,0189	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
27	0,621	0,42	26,8	0,014	0,0039	0,080	5,91	0,0029	0,0201	0,003	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
28	0,270	0,66	26,7	0,021	0,0046	0,034	4,16	0,0065	0,0202	0,001	-	0,001	-	-	0,08	-	-	-	0,0032	Thép so sánh
29	0,569	0,58	25,9	0,018	0,0051	0,045	7,50	0,0039	0,0162	0,002	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
30	0,612	0,48	18,2	0,008	0,0010	0,039	0,30	0,0034	0,0396	0,001	-	0,001	-	-	-	0,08	0,0018	-	-	Thép so sánh
31	0,556	0,45	21,6	0,025	0,0041	0,022	1,43	0,0021	0,0523	0,001	-	0,001	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
32	0,588	0,47	27,4	0,021	0,0038	0,047	5,53	0,0027	0,0029	0,003	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
33	0,318	0,49	20,4	0,013	0,0024	0,044	3,43	0,0029	0,0090	0,010	-	0,001	-	-	0,35	-	-	0,0025	-	Thép so sánh
34	0,518	0,53	25,5	0,017	0,0038	0,048	3,99	0,0037	0,0123	0,005	-	0,003	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
35	0,603	0,59	27,1	0,018	0,0044	0,037	5,18	0,0041	0,0089	0,002	-	0,005	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh
36	0,432	0,71	21,8	0,023	0,0032	0,047	3,47	0,0022	0,0214	0,001	-	0,010	-	-	-	-	-	-	-	Thép so sánh

Lưu ý: các giá trị được gạch dưới là ngoài phạm vi sáng chế.

Bảng 2

Số mẫu thử	Số thép	Độ dày tấm	Phương pháp sản xuất					Các đặc tính kim loại nền					Độ dẻo dai của kim loại nền	Phần HAZ		Ghi chú
			Nhiệt độ nung nóng phôi tấm	Nhiệt độ kết thúc cán	Nhiệt độ bắt đầu làm nguội	Tốc độ làm nguội (*)	Tốc độ làm nguội	Tỷ lệ diện tích của các bao thể	Phần thể tích của ε martensit	Ứng suất đàn hồi	Độ bền kéo	Tổng độ giãn dài	Năng lượng được hấp thụ ở -196 °C ($vE_{-196°C}$)	Năng lượng được hấp thụ ở -196 °C ($vE_{-196°C}$)	Kích thước hạt lớn nhất	
		(mm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C/s)	(°C)	(%)	(%)	(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	(J)	(μm)	
1	1	10	1110	945	872	13	450	0,2	0,0	480	912	60	100	145	165	Ví dụ
2	2	15	1110	835	768	7	-	4,0	0,0	510	934	62	108	100	175	Ví dụ
3	3	20	1100	890	815	12	-	2,0	0,0	487	912	61	113	112	150	Ví dụ
4	4	25	1100	910	845	10	-	0,2	0,0	446	891	61	124	134	187	Ví dụ
5	5	10	1150	860	795	12	500	0,2	0,1	467	905	62	125	121	50	Ví dụ
6	6	15	1150	890	808	5	550	0,3	0,0	442	899	61	133	129	102	Ví dụ
7	7	20	1150	825	785	7	-	0,2	0,0	445	903	61	122	128	100	Ví dụ
8	8	5	1200	825	740	4	-	1,0	0,0	598	987	51	106	108	50	Ví dụ
9	9	10	1200	810	730	10	450	0,1	0,0	484	858	65	112	115	100	Ví dụ
10	10	15	1200	870	798	10	-	0,3	0,0	466	884	64	127	124	150	Ví dụ
11	11	15	1250	860	795	9	500	2,0	0,0	487	840	66	114	106	100	Ví dụ
12	12	20	1250	915	860	13	550	0,5	0,0	435	850	67	113	113	168	Ví dụ
13	13	25	1250	860	805	6	-	1,5	0,2	441	852	65	109	110	125	Ví dụ
14	14	30	1250	815	744	3	300	0,1	0,0	426	853	61	132	127	109	Ví dụ
15	15	10	1300	870	821	1	-	0,1	0,0	422	874	61	104	108	115	Ví dụ
16	16	15	1300	854	784	7	450	1,0	0,0	501	926	57	116	114	89	Ví dụ
17	17	20	1300	884	810	20	-	1,5	0,0	512	934	52	112	116	97	Ví dụ

Lưu ý: các giá trị được gạch dưới là ngoài phạm vi sáng chế.

(*) Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ở hoặc trên (Nhiệt độ kết thúc cán - 100 °C) đến phạm vi nhiệt độ là 300 °C hoặc cao hơn và 650 °C hoặc thấp hơn

Bảng 2 (tiếp theo)

Số mẫu thử	Số thép	Độ dày tấm	Phương pháp sản xuất					Các đặc tính kim loại nền					Độ dẻo dai của kim loại nền	Phần HAZ		Ghi chú
			Nhiệt độ nung nóng phôi tấm	Nhiệt độ kết thúc cán	Nhiệt độ bắt đầu làm nguội	Tốc độ làm nguội (*)	Tốc độ làm nguội	Tỷ lệ diện tích của các bao thể	Phần thể tích của ε martensit	Ứng suất đàn hồi	Độ bền kéo	Tổng độ giãn dài	Năng lượng được hấp thụ ở -196 °C ($vE_{-196°C}$)	Năng lượng được hấp thụ ở -196 °C ($vE_{-196°C}$)	Kích thước hạt lớn nhất	
		(mm)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C/s)	(°C)	(%)	(%)	(MPa)	(MPa)	(%)	(J)	(J)	(μm)	
18	18	10	1150	895	810	5	-	2,0	0,0	512	922	58	56	61	125	Ví dụ so sánh
19	19	15	1150	815	735	15	-	0,1	1,0	471	879	57	121	61	95	Ví dụ so sánh
20	20	20	1150	862	805	5	-	0,5	0,0	361	701	51	45	44	80	Ví dụ so sánh
21	21	25	1150	871	820	13	-	0,1	0,0	425	871	61	24	26	80	Ví dụ so sánh
22	22	10	1150	900	815	10	-	4,0	0,0	497	922	34	46	48	105	Ví dụ so sánh
23	23	15	1150	850	815	5	-	0,2	0,5	455	906	60	51	53	65	Ví dụ so sánh
24	24	20	1200	840	770	11	-	0,2	0,0	375	716	61	78	65	60	Ví dụ so sánh
25	25	5	1200	920	850	10	-	5,5	0,0	467	900	30	42	41	126	Ví dụ so sánh
26	26	10	1200	875	805	5	-	4,5	0,0	525	927	54	67	68	78	Ví dụ so sánh
27	27	15	1200	855	790	12	-	0,3	0,0	511	916	58	65	41	65	Ví dụ so sánh
28	28	15	1150	896	853	5	-	3,5	0,0	456	897	29	70	66	100	Ví dụ so sánh
29	29	15	1150	916	848	4	-	0,5	0,0	432	875	25	43	46	125	Ví dụ so sánh
30	30	15	1150	898	805	9	-	0,1	0,0	465	912	60	60	58	110	Ví dụ so sánh
31	31	15	1150	908	821	11	-	0,2	0,0	448	905	35	47	51	105	Ví dụ so sánh
32	32	15	1150	850	785	4	-	0,1	0,0	487	932	55	79	68	75	Ví dụ so sánh
33	33	15	1150	806	726	6	-	0,2	0,2	512	936	45	59	61	35	Ví dụ so sánh
34	34	15	1150	827	768	4	-	0,2	0,0	487	909	45	78	76	40	Ví dụ so sánh
35	35	15	1150	878	804	3	-	0,1	0,0	439	887	51	69	69	40	Ví dụ so sánh
36	36	15	1150	851	776	7	-	0,1	0,0	466	889	43	51	51	35	Ví dụ so sánh
37	1	20	1050	815	724	8	-	5,5	0,0	560	1064	42	78	91	165	Ví dụ so sánh
38	2	25	1250	960	885	9	-	3,5	0,1	367	724	61	116	108	175	Ví dụ so sánh
39	3	30	1250	780	695	14	-	2,0	0,0	598	987	52	54	81	150	Ví dụ so sánh
40	4	10	1250	835	715	10	-	0,2	0,0	437	879	28	65	70	187	Ví dụ so sánh
41	5	10	1250	975	889	8	-	0,2	0,0	375	786	64	126	124	50	Ví dụ so sánh
42	6	15	1250	850	800	0.5	-	0,3	0,0	412	861	28	55	67	102	Ví dụ so sánh
43	7	20	1250	915	865	9	800	0,2	0,0	316	704	45	119	112	100	Ví dụ so sánh

Lưu ý: các giá trị được gạch dưới là ngoài phạm vi sáng chế.

(*) Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ở hoặc trên (Nhiệt độ kết thúc cán - 100 °C) đến phạm vi nhiệt độ là 300 °C hoặc cao hơn và 650 °C hoặc thấp hơn

Thép có hàm lượng Mn cao theo sáng chế được xác nhận thỏa mãn hiệu suất được mong muốn được đề cập ở trên (ứng suất đàn hồi của kim loại nền là 400 MPa hoặc cao hơn, tổng độ kéo dài khi đứt gãy là 30% hoặc cao hơn, trung bình của năng lượng được hấp thụ (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn đối với độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp). Mặt khác, các ví dụ so sánh ngoài phạm vi của sáng chế không thỏa mãn hiệu suất được mong muốn được đề cập ở trên xét về bất kỳ một hoặc nhiều trong tổng độ kéo dài, ứng suất đàn hồi, và độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp.

Hơn nữa, để đánh giá các đặc tính hấp thụ va đập của phần được hàn, các vật liệu thép trải qua xử lý chu kỳ nhiệt trong các điều kiện nhiệt độ đỉnh là 1400°C và tốc độ làm nguội là 10°C/giây. Các kết quả được liệt kê trong bảng 2. Như được minh họa trong bảng 2, các vật liệu thép theo sáng chế rất tốt trong độ dẻo dai của phần được hàn cũng như trong kim loại nền độ dẻo dai ở nhiệt độ thấp. Cụ thể, trong hàn có nhiệt lượng đầu vào từ 0,5 kJ/cm đến 5 kJ/cm, kích thước hạt tinh thể cực đại là 50 μm hoặc cao hơn, và năng lượng được hấp thụ trong thử nghiệm va đập Charpy ở nhiệt độ -196°C là 100 J hoặc cao hơn.

Sáng chế yêu cầu hưởng quyền ưu tiên từ JP 2017-087702 A được nộp đơn vào ngày 26/4/2017, mà được kết hợp toàn bộ ở đây để tham khảo.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép có hàm lượng Mn cao bao gồm:

thành phần hóa học chứa, % theo khối lượng,

C: 0,30% hoặc cao hơn và 0,90% hoặc thấp hơn,

Si: 0,05% hoặc cao hơn và 1,0% hoặc thấp hơn,

Mn: 15% hoặc cao hơn và 30% hoặc thấp hơn,

P: 0,030% hoặc thấp hơn,

S: 0,0070% hoặc thấp hơn,

Al: 0,01% hoặc cao hơn và 0,07% hoặc thấp hơn,

Cr: 0,5% hoặc cao hơn và 7,0% hoặc thấp hơn,

N: 0,0050% hoặc cao hơn và 0,0500% hoặc thấp hơn, và

O: 0,0050% hoặc thấp hơn,

Ti: thấp hơn 0,005%, và

Nb: thấp hơn 0,005%, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

tổ chức tế vi chứa austenit làm pha nền và các chất lẫn không phải kim loại có phần diện tích nhỏ hơn 5,0%; và

ứng suất đàn hồi là 400 MPa hoặc cao hơn và năng lượng được hấp thụ (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn.

2. Thép có hàm lượng Mn cao theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học còn chứa, % theo khối lượng, ít nhất một chất được chọn từ:

Cu: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn,

Ni: 0,01% hoặc cao hơn và 1,00% hoặc thấp hơn,

Mo: 2,0% hoặc thấp hơn,

V: 2,0% hoặc thấp hơn,

W: 2,0% hoặc thấp hơn,

Ca: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn,

Mg: 0,0005% hoặc cao hơn và 0,0050% hoặc thấp hơn, và

Kim loại đất hiếm (REM: Rare Earth Metal): 0,0010% hoặc cao hơn và 0,0200% hoặc thấp hơn.

3. Phương pháp sản xuất thép có hàm lượng Mn cao mà bao gồm tổ chức tế vi chứa austenite làm pha nền và các chất lẫn không phải kim loại với phần diện tích là nhỏ hơn 5,0%; và ứng suất đàn hồi là 400 MPa hoặc cao hơn và năng lượng được hấp thụ (vE_{-196}) là 100 J hoặc cao hơn, phương pháp này bao gồm:

nung nóng vật liệu thép có thành phần hóa học theo điểm 1 hoặc 2 đến phạm vi nhiệt độ là 1100°C hoặc cao hơn và 1300°C hoặc thấp hơn;

cán nóng vật liệu thép với nhiệt độ kết thúc cán là 800°C hoặc cao hơn và thấp hơn 950°C để thu được tấm thép được cán nóng; và

sau đó để tấm thép được cán nóng trải qua bước xử lý làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình là 1,0°C/giây hoặc cao hơn từ nhiệt độ bằng hoặc cao hơn (nhiệt độ kết thúc cán – 100°C) đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn.

4. Phương pháp sản xuất thép có hàm lượng Mn cao theo điểm 3 bao gồm:

sau khi xử lý làm nguội, nung nóng tấm thép đến phạm vi nhiệt độ là 300°C hoặc cao hơn và 650°C hoặc thấp hơn, và sau đó làm nguội tấm thép.