



(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)



1-0031936

(51)^{2006.01} C21D 8/02; F16L 9/17; B23K 101/18; (13) B
B23K 103/04; B23K 11/00; B23K 11/02;
B23K 11/087; B23K 11/16; B23K 13/02;
B23K 31/02; C21D 9/08; C21D 9/50;
C22C 38/00; B21C 37/08; B23K 101/06

(21) 1-2017-03427

(22) 18/02/2016

(86) PCT/JP2016/000847 18/02/2016

(87) WO 2016/143270 15/09/2016

(30) 2015-044395 06/03/2015 JP

(45) 25/05/2022 410

(43) 27/11/2017 356A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) GOTO, Sota (JP); TOYODA, Shunsuke (JP); OKABE, Takatoshi (JP).

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

(54) ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ CÓ ĐỘ BỀN CAO VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT
ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ CÓ ĐỘ BỀN CAO NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở có độ bền cao có khả năng uốn cong và phương pháp sản xuất ống thép này. Ống thép hàn điện trở bao gồm hợp phần chứa, theo % khối lượng, C: 0,04% đến 0,15%, Si: 0,10% đến 0,50%, Mn: 1,0% đến 2,2%, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,2% đến 1,0%, Ti: 0,005% đến 0,030%, và Al: 0,010% đến 0,050%, phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được, và cấu trúc tế vi bao gồm ferit đa giác với tỷ lệ theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn và auxtenit dư với tỷ lệ theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit, trong đó ferit đa giác có cỡ hạt trung bình là 5 µm hoặc lớn hơn và tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở dùng cho các đường ống dẫn mà qua đó vận chuyển dầu mỏ và khí tự nhiên. Cụ thể là, sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở có độ bền cao mà thích hợp cho việc lắp đặt xà lan có trống cuộn, có độ bền cao là Grade X60 (cường độ chảy YS: 415 MPa hoặc lớn hơn) hoặc lớn hơn, và có khả năng uốn cong ưu việt, và phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn thường được sử dụng làm phương pháp lắp đặt đường ống dẫn ở ngoài khơi. Phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn là phương pháp mà trong đó việc hàn vòng, kiểm tra, sơn, và tương tự của ống được thực hiện trên đất liền trước và ống dẫn dài thu được được cuộn quanh trống cuộn của xà lan, và ống được tháo cuộn từ trống cuộn tại vị trí mục tiêu trên biển để đặt đường ống dẫn dưới đáy biển. Theo phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn này, các đường ống dẫn ngoài khơi có thể được lắp đặt rất hiệu quả. Tuy nhiên, theo phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn này, ứng suất chịu kéo và ứng suất nén do việc uốn cong và không uốn cong được tác dụng vào một phần của ống khi ống được cuộn và được lắp đặt. Do đó, sự đứt gãy và sự uốn dọc cục bộ xảy ra trong ống được sử dụng, mà có thể làm nứt ống. Do đó, ống thép dùng cho đường ống dẫn được lắp đặt theo phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn cần phải có khả năng uốn cong ưu việt, có nghĩa là, sức bền uốn dọc cao về phía nén và khả năng chống đứt gãy cao về phía kéo trong quá trình biến dạng uốn cong. Sức bền uốn dọc là cao phụ thuộc vào tính đồng nhất về hình dạng của ống. Đối với khả năng chống đứt gãy, quan trọng phải có độ giãn đều cao và để tránh nứt dẻo.

Từ góc độ về việc ngăn chặn sự đứt gãy và uốn dọc tại chỗ này, các ống thép liên được sử dụng chủ yếu cho đường ống dẫn được lắp đặt theo phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn.

Tuy nhiên, ống thép hàn điện trở đã được sử dụng làm các đường ống dẫn từ quan điểm kinh tế trong những năm gần đây. Ống thép hàn điện trở có độ lệch chiều dày và độ tròn tốt hơn so với các ống thép liền. Sức bền uốn dọc bị ảnh hưởng mạnh bởi yếu tố hình dáng cao hơn sức bền uốn dọc của các ống thép liền. Tuy nhiên, do ống thép hàn điện trở thu được bằng cách cán nguội liên tục tấm thép cán nóng để có dạng hình trụ cơ bản, lượng đáng kể sự biến dạng dẻo được đưa vào theo hướng trục của ống, mà làm giảm độ giãn đều theo hướng trục của ống. Do đó, độ giãn đều của ống thép hàn điện trở thường thấp hơn độ giãn đều của các ống thép liền. Do đó, thậm chí một biến dạng nhỏ thấp cũng có thể dễ dàng làm đứt gãy, và khả năng chống đứt gãy giảm so với các ống thép liền.

Do đó, khi ống thép hàn điện trở được sử dụng làm các đường ống dẫn được lắp đặt theo phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn, việc ủ thường được thực hiện sau quá trình tạo ống nhằm cải thiện độ giãn đều, điều này làm giảm hiệu suất và tăng chi phí sản xuất.

Một trong số phương án cải thiện độ giãn đều của các vật liệu thép (tấm thép) là phương pháp mà sử dụng hiện tượng TRIP (độ dẻo cảm ứng chuyển đổi) của auxenit dư bằng cách làm tăng hàm lượng Si. Để sử dụng hiện tượng này, hàm lượng Si trong tấm thép thường được tăng lên. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Si trong tấm thép dùng cho ống thép hàn điện trở được tăng lên, thì oxit có điểm nóng chảy cao được tạo ra trong quá trình hàn điện trở vẫn còn trong phần được hàn điện trở, điều này làm giảm chất lượng của phần được hàn điện trở.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp sản xuất ống thép có độ bền cao có sức bền uốn dọc cao. Trong kỹ thuật được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, phôi tấm có hợp phần mà chứa, theo % khối lượng, C: 0,02% đến 0,15%, Si: 0,1% đến 2,0%, Mn: 0,5% đến 2,0%, Al 0,01% đến 0,1%, N: 0,01% hoặc nhỏ hơn, P: 0,02% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, ít nhất một trong số Nb: 0,1% hoặc nhỏ hơn, V: 0,1% hoặc nhỏ hơn, và Ti: 0,1% hoặc nhỏ hơn, và ít nhất một trong số Mo: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Cu: 2,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 2,0% hoặc nhỏ hơn, và Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn và có hàm lượng Si tương đối thấp được gia nhiệt đến 1050°C hoặc cao hơn, sau đó được cán thô tại nhiệt độ cao hơn hoặc bằng nhiệt độ kết tinh lại, và sau đó được cán hoàn thiện với sự giảm tích lũy là 65%

hoặc lớn hơn tại nhiệt độ là nhiệt độ chuyển hóa Ar_3 [$^{\circ}C$] hoặc cao hơn và $900^{\circ}C$ hoặc thấp hơn. Tấm thép thu được được làm lạnh với tốc độ làm nguội là $5^{\circ}C/giây$ hoặc lớn hơn từ nhiệt độ của nhiệt độ chuyển hóa [$^{\circ}C$] hoặc cao hơn, được giữ tại nhiệt độ từ $(Ts - 50^{\circ}C)$ đến $(Ts + 100^{\circ}C)$ trong khoảng từ 30 đến 300 giây, sau đó được làm nguội tại nhiệt độ nằm trong khoảng từ $350^{\circ}C$ đến $450^{\circ}C$ với tốc độ làm nguội là $20^{\circ}C/giây$ hoặc lớn hơn, và sau đó được làm nguội chậm để thu được tấm thép chứa auxtenit dư còn lại trong đó. Sau khi tấm thép được tạo ra nguội để có hình dạng rộng, việc hàn mối được thực hiện để thu được ống thép UOE mà có cấu trúc tế vi chứa ferit với cỡ hạt trung bình là $10\ \mu m$ hoặc nhỏ hơn và tỷ lượng theo diện tích nằm trong khoảng từ 70% đến 90%, phần còn lại là auxtenit dư, bainit, và mactensit, và mà có chiều dày là 10 mm hoặc lớn hơn và đường kính phía ngoài là 100 mm hoặc lớn hơn, mà lượng của auxtenit dư được đo bằng cách phân tích tia X nằm trong khoảng từ 5% đến 15% theo tỷ lượng theo thể tích. Ở đây, Ts có công thức (1) dưới đây.

$$Ts [^{\circ}C] = 780 - 270 \times C - 90 \times Mn - 37 \times Ni - 70 \times Cr - 83 \times Mo \dots (1)$$

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Patent Nhật Bản số 3749704

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tuy nhiên, trong kỹ thuật được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, nhiệt độ cần được giữ không đổi trong khi làm nguội. Trong dây chuyền cán nóng mà trong đó tấm thép được làm nguội trong khi được vận chuyển theo một hướng trong vùng làm nguội được sắp xếp liên tục, chiều dài phương tiện sản xuất cần phải được tăng đáng kể. Trong kỹ thuật được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1, nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ $350^{\circ}C$ đến $450^{\circ}C$. Điều này làm tăng khả năng chống biến dạng, mà khó có thể cuộn tấm thép. Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 1 không mô tả việc cải thiện về độ giãn đều của ống thép.

Mục đích của sáng chế là đề xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao mà độ giãn đều theo hướng trục ống được cải thiện mà không thực hiện việc xử lý gia nhiệt trên toàn bộ ống và có khả năng uốn cong ưu việt, và phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao, bằng cách giải quyết các vấn đề nêu trong tình trạng kỹ thuật.

Thuật ngữ "độ bền cao" ở đây nhằm để chỉ cường độ chảy YS là 415 MPa hoặc lớn hơn theo hướng trục ống. Thuật ngữ "khả năng uốn cong ưu việt" ở đây cụ thể liên quan đến khả năng chống đứt gãy và nhằm để chỉ độ giãn đều Elu là 8% hoặc lớn hơn theo hướng trục ống.

Để đạt được mục đích nêu trên, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu kỹ các yếu tố khác nhau mà ảnh hưởng độ giãn đều của tấm thép cán nóng đóng vai trò làm vật liệu ống dùng cho ống thép hàn điện trở. Kết quả là, các tác giả đã nhận thấy rằng việc sử dụng Cr đóng vai trò làm chất tạo ferit nhằm cải thiện độ giãn đều mà không thực hiện việc xử lý gia nhiệt trên toàn bộ ống. Các tác giả đã phát hiện ra rằng, bằng cách kết hợp hợp phần mà trong đó Cr đóng vai trò làm chất tạo ferit được bổ sung tích cực với lượng thích hợp và việc điều chỉnh làm nguội sau khi cán nóng trong phạm vi thích hợp, cấu trúc tế vi chủ yếu chứa ferit đa giác chuyển hóa nhiệt độ cao với tỷ số hình dáng nhỏ có thể được tạo ra, việc giải phóng C vào trong auxtenit không chuyển hóa được tạo điều kiện thuận lợi, và có thể được đảm bảo lượng auxtenit dư mong muốn sau bước cuộn. Các tác giả sáng chế còn phát hiện ra rằng có hiệu quả làm tăng hàm lượng của các nguyên tố nhằm cải thiện độ thấm tôi, như Mn và Mo, ngoài Cr. Các tác giả phát hiện ra rằng, khi tấm thép cán nóng này được sử dụng làm vật liệu ống, ống thép hàn điện trở có độ giãn đều cao là 8% hoặc lớn hơn theo hướng trục ống có thể được sản xuất và ống thép hàn điện trở là thích hợp cho xà lan có trống cuộn.

Sáng chế đã được hoàn thành dựa trên các phát hiện nêu trên và các nghiên cứu khác. Có nghĩa là, bản chất của sáng chế là như sau.

(1) Ống thép hàn điện trở có độ bền cao bao gồm hợp phần chứa, theo % khối lượng, C: 0,04% đến 0,15%, Si: 0,10% đến 0,50%, Mn: 1,0% đến 2,2%, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,2% đến 1,0%, Ti: 0,005% đến 0,030%, và Al: 0,010% đến 0,050%, phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được, và cấu trúc tế vi bao gồm ferit đa giác với tỷ lượng theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn và auxtenit dư với tỷ lượng theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit, trong đó ferit đa giác có cỡ hạt trung bình là 5 μm hoặc lớn hơn và tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn.

(2) Trong ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo mục (1), hợp phần còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một trong số được chọn từ Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và Co: 1,0% hoặc nhỏ hơn.

(3) Trong ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo mục (1) hoặc (2), hợp phần còn chứa, theo % khối lượng, ít nhất một trong số được chọn từ Nb: 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,10% hoặc nhỏ hơn.

(4) Trong ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), hợp phần còn chứa Ca: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0050% theo % khối lượng.

(5) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) bao gồm bước sản xuất vật liệu ống là gia nhiệt, cán nóng, và sau đó làm nguội vật liệu thép để thu được dải thép cán nóng và cuộn dải thép cán nóng; bước tạo ống gồm việc tạo hình dải thép cán nóng thành ống mở có mặt cắt về cơ bản là hình tròn, sau đó giáp nối các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng đối tiếp với nhau, gia nhiệt các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó và thực hiện việc hàn áp lực trên các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng để thu được ống thép hàn điện trở; và bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền xử lý gia nhiệt phần được hàn điện trở của ống thép hàn điện trở theo cách dây chuyền.

Theo phương pháp này, việc gia nhiệt trong bước sản xuất vật liệu ống được thực hiện tại nhiệt độ gia nhiệt nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C. Việc làm nguội sau khi cán nóng trong bước sản xuất vật liệu ống được thực hiện liên tục đến nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 600°C đến 450°C trong khi việc làm nguội được kiểm soát sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C. Việc xử lý gia nhiệt trong bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền bao gồm gia nhiệt phần được hàn điện trở sao cho phần nhiệt độ nhỏ nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày có nhiệt độ là

800°C hoặc cao hơn và nhiệt độ gia nhiệt cao nhất là 1150°C hoặc thấp hơn và sau đó thực hiện làm nguội bằng nước hoặc cho phép để nguội trên phần được hàn điện trở sao cho nhiệt độ lớn nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày là 500°C hoặc thấp hơn.

(6) Theo phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo mục (5), trong bước tạo ống, dải thép cán nóng được tháo cuộn và được tạo hình liên tục bằng cách sử dụng nhiều con lăn để thu được ống mở có mặt cắt về cơ bản là hình tròn, sau đó các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng được giáp nối đối tiếp với nhau và được gia nhiệt đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó và việc hàn áp lực được thực hiện trên các bề mặt đầu được giáp nối và được gia nhiệt của ống mở theo hướng chiều rộng để thu được ống thép hàn điện trở.

Mô tả chi tiết sáng chế

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế có hợp phần chứa, theo % khối lượng, C: 0,04% đến 0,15%, Si: 0,10% đến 0,50%, Mn: 1,0% đến 2,2%, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,2% đến 1,0%, Ti: 0,005% đến 0,030%, và Al: 0,010% đến 0,050%, phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được và có cấu trúc tế vi bao gồm ferit đa giác với tỷ lệ theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn và auxtenit dư với tỷ lệ theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit, trong đó ferit đa giác có cỡ hạt trung bình là 5 μm hoặc lớn hơn và tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn. Cường độ chảy YS theo hướng trục ống là 415 MPa hoặc lớn hơn và độ giãn đều Elu theo hướng trục ống là 8% hoặc lớn hơn.

Đầu tiên, các lý do hạn chế hợp phần của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả. Sau đây, "% khối lượng" trong hợp phần được biểu thị đơn giản là "%".

C: 0,04% đến 0,15%

C là nguyên tố mà góp phần làm ổn định pha auxtenit. Theo sáng chế, C là nguyên tố quan trọng để đảm bảo lượng auxtenit dư mong muốn. Để tạo ra hiệu quả như vậy, hàm lượng C cần phải là 0,04% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng C vượt quá 0,15%, thì khả năng

hàn giảm. Do đó, hàm lượng C bị giới hạn nằm trong phạm vi từ 0,04% đến 0,15%. Hàm lượng C tốt hơn là 0,06% hoặc lớn hơn và cũng tốt hơn là 0,12% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,08% đến 0,12%.

Si: 0,10% đến 0,50%

Si là nguyên tố mà đóng vai trò làm chất khử oxy và góp phần đáng kể vào việc tạo ra auxtenit dư bằng cách ngăn chặn sự kết tủa của xementit. Si cũng có tác dụng làm giảm lượng đánh vảy trong khi cán nóng. Để tạo ra các hiệu quả như vậy, hàm lượng Si cần phải là 0,10% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Si vượt quá 0,50%, thì khả năng hàn điện trở giảm. Do đó, hàm lượng Si bị giới hạn nằm trong phạm vi từ 0,10% đến 0,50%. Hàm lượng Si tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,10% đến 0,30%.

Mn: 1,0% đến 2,2%

Mn là nguyên tố mà cải thiện độ ổn định của pha auxtenit và ngăn chặn sự phân hủy thành pearlit và bainit. Để tạo ra hiệu quả như vậy, Hàm lượng Mn cần phải là 1,0% hoặc lớn hơn. Với hàm lượng Mn quá mức lớn hơn 2,2%, ngăn chặn được sự tạo ra ferit chuyển hóa nhiệt độ cao, mà ngăn chặn sự giải phóng và tập trung của C vào trong auxtenit không chuyển hóa. Do đó, hàm lượng Mn bị giới hạn nằm trong phạm vi từ 1,0% đến 2,2%. Hàm lượng Mn tốt hơn là 1,2% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 1,6% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,050% hoặc nhỏ hơn

P là nguyên tố mà tách tại biên hạt và tạo ra ảnh hưởng bất lợi như giảm độ dẻo dai. Theo sáng chế, P được xử lý như tạp chất và hàm lượng P được mong muốn giảm nhiều nhất có thể. Tuy nhiên, có thể cho phép hàm lượng P lên đến 0,050%. Do đó, hàm lượng P được giới hạn đến 0,050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Việc giảm quá mức hàm lượng P làm tăng chi phí tinh luyện, và do đó hàm lượng P tốt hơn là 0,002% hoặc lớn hơn.

S: 0,005% hoặc nhỏ hơn

S có mặt trong thép làm bao thể gốc sulfua (MnS). Cụ thể là, MnS được kéo căng mỏng trong quá trình cán nóng và ảnh hưởng bất lợi đến độ mềm và độ dẻo dai. Theo

sáng chế, do đó, hàm lượng S được mong muốn giảm nhiều nhất có thể. Tuy nhiên, có thể cho phép hàm lượng S lên đến 0,005%. Do đó, hàm lượng S được giới hạn đến 0,005% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,003% hoặc nhỏ hơn. Việc giảm quá mức hàm lượng S làm tăng chi phí tinh luyện, và do đó hàm lượng S tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn.

Cr: 0,2% đến 1,0%

Theo sáng chế, Cr là nguyên tố quan trọng mà góp phần vào việc tạo ra auxtenit dư bằng cách ngăn chặn sự kết tủa của xementit trong auxtenit không chuyển hóa. Để tạo ra hiệu quả như vậy, hàm lượng Cr cần phải là 0,2% hoặc lớn hơn. Với hàm lượng Cr quá mức lớn hơn 1,0%, khả năng hàn điện trở giảm. Do đó, hàm lượng Cr bị giới hạn nằm trong phạm vi từ 0,2% đến 1,0%. Hàm lượng Cr tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 0,8% và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 0,5%.

Ti: 0,005% đến 0,030%

Ti là nguyên tố mà cố định N ở dạng TiN để ngăn chặn sự giảm độ dẻo dai của thép do N. Tác dụng như vậy được tạo ra với hàm lượng Ti là 0,005% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Ti vượt quá 0,030%, thì lượng titan cacbonitrua mà kết tủa dọc theo bề mặt tách ra của Fe tăng lên, điều này làm giảm độ dẻo dai của thép. Do đó, hàm lượng Ti bị giới hạn nằm trong phạm vi từ 0,005% đến 0,030%. Hàm lượng Ti tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,025%.

Al: 0,010% đến 0,050%

Al là nguyên tố mà đóng vai trò làm chất khử oxy mạnh và góp phần đáng kể vào việc tạo ra auxtenit dư bằng cách ngăn chặn sự kết tủa của xementit. Để tạo ra các hiệu quả như vậy, hàm lượng Al cần phải là 0,010% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Al vượt quá 0,050%, thì oxit gốc Al dễ dàng còn sót lại trong thép, điều này làm giảm độ sạch của thép. Do đó, hàm lượng Al bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,010% đến 0,050%. Hàm lượng Al tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,010% đến 0,045%.

Phần còn lại không phải là các thành phần được mô tả nêu trên là Fe và tạp chất không thể tránh. Ở đây, có thể cho phép N: 0,005% hoặc nhỏ hơn và O (oxy): 0,005%

hoặc nhỏ hơn như tạp chất không thể tránh được.

Theo sáng chế, hợp phần cơ bản được mô tả nêu trên có thể còn tùy chọn chứa ít nhất một trong số được chọn từ Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và Co: 1,0% hoặc nhỏ hơn, ít nhất một trong số được chọn từ Nb: 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,10% hoặc nhỏ hơn, và/hoặc Ca: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0050%.

Ít nhất một trong số được chọn từ Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và Co: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Tất cả Mo, Cu, Ni, và Co đều là các nguyên tố mà cải thiện độ ổn định của pha auxtenit và đóng góp vào sự tạo ra auxtenit dư. Để tạo ra hiệu quả như vậy, cần phải thỏa mãn Mo: 0,05% hoặc lớn hơn, Cu: 0,05% hoặc lớn hơn, Ni: 0,05% hoặc lớn hơn, và Co: 0,05% hoặc lớn hơn. Nếu các hàm lượng vượt quá Mo: 0,5%, Cu: 0,5%, Ni: 1,0%, và Co: 1,0%, thì hiệu quả nêu trên bị bão hòa và khả năng hàn giảm. Do đó, nếu các nguyên tố này được chứa, thì tốt hơn là các hàm lượng này được giới hạn trong phạm vi là Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và Co: 1,0% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là bị giới hạn trong phạm vi là Mo: 0,4% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,4% hoặc nhỏ hơn, Ni: 0,4% hoặc nhỏ hơn, và Co: 0,4% hoặc nhỏ hơn.

Ít nhất một trong số Nb: 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,10% hoặc nhỏ hơn

Cả Nb và V đều là các nguyên tố mà tạo ra cacbonitrua hoặc cacbua và đóng góp vào việc cải thiện về độ bền của dải thép cán nóng thông qua tăng cường kết tủa. Để tạo ra hiệu quả như vậy, các hàm lượng mong muốn là Nb: 0,01% hoặc lớn hơn và V: 0,01% hoặc lớn hơn. Nếu các hàm lượng vượt quá Nb: 0,10% và V: 0,10%, thì kết tủa thô được tạo ra, điều này làm giảm độ dẻo dai của vật liệu nền hoặc làm giảm khả năng hàn. Do đó, nếu các nguyên tố này được chứa, thì các hàm lượng này bị giới hạn trong phạm vi là Nb: 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Ca: 0,0005% đến 0,0050%

Ca là nguyên tố mà góp phần kiểm soát hiệu quả dạng bao thể gốc sulfua. Ca làm cho sulfua như MnS vô hại và cải thiện độ dẻo dai của dải thép cán nóng. Để tạo ra hiệu

quả như vậy, hàm lượng Ca cần phải là 0,0005% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Ca vượt quá 0,0050%, thì cụm oxit gốc Ca được tạo ra, điều này làm giảm độ dẻo dai của dải thép cán nóng. Do đó, nếu Ca được chứa, thì tốt hơn là hàm lượng Ca bị giới hạn trong phạm vi từ 0,0005% đến 0,0050%. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,0040% hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, các lý do giới hạn cấu trúc tế vi của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả.

Ống thép hàn điện trở theo sáng chế có hợp phần nêu trên và cũng có cấu trúc tế vi bao gồm ferit đa giác (với tỷ lượng theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn) làm cấu trúc tế vi chính và auxtenit dư với tỷ lượng theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit. Ferit đa giác có cỡ hạt trung bình là 5 μm hoặc lớn hơn và tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn.

Ferit đa giác: 70% hoặc lớn hơn theo tỷ lượng theo thể tích

Thuật ngữ "ferit đa giác" ở đây nhằm để chỉ ferit chuyển hóa nhiệt độ cao, mà được chuyển hóa với sự khuếch tán. Trong ferit chuyển hóa nhiệt độ cao, C được giải phóng thành auxtenit không chuyển hóa khi quá trình chuyển hóa diễn ra. Do đó, auxtenit không chuyển hóa được ổn định, điều này dễ dàng tạo ra lượng auxtenit dư mong muốn. Do đó, theo sáng chế đề xuất độ bền cao dải thép cán nóng có độ giãn đều ưu việt bằng cách sử dụng hiện tượng TRIP của auxtenit dư, ferit đa giác này là cấu trúc tế vi chính. Ở đây, thuật ngữ "cấu trúc tế vi chính" theo sáng chế nhằm để chỉ cấu trúc tế vi có tỷ lượng theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn.

Nếu cấu trúc tế vi chính là ferit bainit hoặc bainit, thì lượng C được giải phóng trong khi chuyển hóa là nhỏ hoặc gần như bằng 0, dẫn đến không đủ làm giàu C vào trong auxtenit không chuyển hóa. Do đó, auxtenit không chuyển hóa không được ổn định và bị chuyển hóa thành pearlit hoặc bainit sau khi làm nguội, mà khó có thể tạo ra pha auxtenit dư với tỷ lượng theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%. Do đó, cấu trúc tế vi chính là ferit đa giác.

Để tránh sự không rõ ràng khi phân biệt cấu trúc tế vi, thuật ngữ "ferit đa giác" được

định nghĩa là cấu trúc tế vi có tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn, mà được xác định bởi (đường kính hạt tinh thể theo hướng cán)/(đường kính hạt tinh thể theo hướng chiều dày tấm), và cỡ hạt trung bình là 5 μm hoặc lớn hơn theo sáng chế.

Auxtenit dư: 3% đến 20% theo tỷ lượng theo thể tích

Auxtenit dư góp phần vào việc cải thiện độ giãn đều của ống thép hàn điện trở thông qua sự chuyển hóa gây ra sự căng (hiện tượng TRIP). Để tạo ra hiệu quả như vậy, pha auxtenit dư cần phải có tỷ lượng theo thể tích là 3% hoặc lớn hơn. Tỷ lượng theo thể tích vượt quá mức lớn hơn 20%, nồng độ cacbon được chứa trong auxtenit dư giảm và auxtenit dư trở nên không ổn định đối với sự biến dạng, dẫn đến sự giảm về độ giãn đều. Do đó, tỷ lượng theo thể tích là auxtenit dư được giới hạn trong phạm vi từ 3% đến 20%. Tỷ lượng theo thể tích là auxtenit dư tốt hơn là nằm trong khoảng từ 3% đến 15% và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 5% đến 15%.

Phần còn lại: ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit

Phần còn lại không phải là ferit đa giác đóng vai trò làm cấu trúc tế vi chính và auxtenit dư tốt hơn là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit với tỷ lượng theo thể tích là 10% hoặc nhỏ hơn (bao gồm 0%). Nếu tỷ lượng theo thể tích trong tổng số phần còn lại, cụ thể là, ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit vượt quá 10%, độ bền tăng quá mức và độ giãn đều giảm. Lưu ý rằng ferit không phải là ferit đa giác được phân loại là bainit.

Khi ống thép hàn điện trở có hợp phần và cấu trúc tế vi nêu trên, có thể đạt được tỷ lệ hiệu suất (YR) theo hướng trục của ống là 93% hoặc nhỏ hơn với kích cỡ (chiều dài ống/đường kính bên ngoài ống) $\times 100 = 2,5\%$ đến $7,0\%$.

Cấu trúc tế vi được mô tả nêu trên bao gồm ferit đa giác với tỷ lượng theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn và auxtenit dư với tỷ lượng theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit, được đo như sau. Đầu tiên, mẫu thử nghiệm dùng để quan sát cấu trúc tế vi được lấy mẫu từ ống thép hàn điện trở sao cho mặt cắt theo hướng cán (mặt cắt L) đóng vai trò làm bề mặt quan sát. Mẫu thử nghiệm được lấy mẫu dùng để quan sát cấu trúc tế vi được đánh

bóng và được khắc axit (chất khắc ăn mòn: nital). Cấu trúc tế vi tại vị trí là $1/2t$ của chiều dày tấm được quan sát bằng kính hiển vi quang học (độ phóng đại: 400 lần) và kính hiển vi quét điện tử (SEM- scanning electron microscope) (độ phóng đại: 2000 lần), và hai hoặc nhiều vùng quan sát được chụp trong mỗi mẫu. Từ các ảnh thu được của cấu trúc tế vi, loại cấu trúc tế vi, tỷ lượng theo diện tích của mỗi pha, và tỷ số hình dáng của các hạt tinh thể của ferit đa giác được xác định bằng cách sử dụng thiết bị phân tích hình ảnh. Hơn nữa, cỡ hạt trung bình của ferit đa giác có thể được xác định bằng phương pháp cắt thích hợp với JIS G 0551. Trong phép đo cấu trúc tế vi, việc tính được thực hiện sử dụng trị số trung bình cộng. Hơn nữa, tỷ lượng theo diện tích được xác định dùng cho auxtenit dư bởi phương pháp SEM/EBSD (tán xạ ngược điện tử). Giả định rằng cấu trúc tế vi có là đồng nhất theo ba chiều, tỷ lượng theo diện tích được xác định được định nghĩa là tỷ lượng theo thể tích.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả.

Bước sản xuất vật liệu ống gia nhiệt, cán nóng, và sau đó làm nguội vật liệu thép có hợp phần nêu trên để thu được dải thép cán nóng và cuộn dải thép cán nóng được thực hiện.

Trong bước sản xuất vật liệu ống, vật liệu thép có hợp phần nêu trên được gia nhiệt tại nhiệt độ gia nhiệt nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C và sau đó được cán nóng để thu được dải thép cán nóng đóng vai trò làm vật liệu ống.

Nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép: 1100°C đến 1250°C

Nếu nhiệt độ gia nhiệt của vật liệu thép thấp hơn 1100°C , không thể loại bỏ được cacbonitrua thô và vùng phân tách được tạo ra trong bước đúc. Do đó, độ mềm và độ dẻo dai của tấm thép cán nóng giảm, và hơn nữa độ bền giảm. Nếu vật liệu thép được gia nhiệt tại nhiệt độ cao hơn 1250°C , thì các hạt tinh thể có xu hướng trở nên thô, điều này có thể làm giảm độ mềm và độ dẻo dai của tấm thép cán nóng. Hơn nữa, sự tiêu hao năng lượng riêng tăng, dẫn đến hiệu quả chi phí thấp. Nhiệt độ gia nhiệt nhằm để chỉ nhiệt độ thiết lập trong lò gia nhiệt.

Vật liệu thép được gia nhiệt được cán nóng để thu được dải thép cán nóng có kích

cỡ và hình dạng được xác định trước. Các điều kiện cán nóng không bị giới hạn cụ thể miễn là dải thép cán nóng có kích cỡ và hình dạng được xác định trước. Tuy nhiên, xét đến việc làm nguội được thực hiện tiếp theo, nhiệt độ sau bước chuyển cán nóng cuối cùng, có nghĩa là, nhiệt độ cuối cán hoàn thiện tốt hơn là được thiết lập đến 750°C hoặc cao hơn.

Việc làm nguội sau khi cán nóng được thực hiện liên tục trên dải thép cán nóng đến nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 600°C đến 450°C trong khi việc làm nguội được kiểm soát sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C . "Việc làm nguội" theo sáng chế tốt hơn là được thực hiện bằng cách phun nước làm nguội vào bề mặt trên và bề mặt dưới của dải thép cán nóng từ vùng làm nguội bằng nước được sắp xếp liên tục trong băng chạy ra được bố trí về phía phân phối của máy cán hoàn thiện. Các khoảng cách sắp xếp, tốc độ dòng chảy của nước, và tương tự trong vùng làm nguội bằng nước không bị giới hạn cụ thể. Nhiệt độ tại vị trí trung tâm của dải thép cán nóng theo hướng chiều dày là nhiệt độ được xác định bằng cách phân tích truyền nhiệt dựa trên nhiệt độ được đo bằng nhiệt kế đo bề mặt.

Việc làm nguội sau khi cán nóng: tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C .

Khi hợp phần này nằm trong phạm vi của dải thép cán nóng theo sáng chế, sự chuyển hóa ferit đa giác xảy ra bằng cách kiểm soát việc làm nguội sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C . Do đó, cấu trúc tế vi của dải thép có thể được kiểm soát để cấu trúc tế vi chủ yếu chứa ferit đa giác.

Cụ thể hơn, khi nhiệt độ tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày nằm trong khoảng từ 750°C đến 650°C tại 20 giây hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 80 giây kể từ thời

điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng (khi kết thúc việc cán hoàn thiện), sự chuyển hóa ferit đa giác xảy ra. Do đó, cấu trúc tế vi của dải thép có thể được kiểm soát để cấu trúc tế vi chủ yếu chứa ferit đa giác.

Nếu việc làm nguội được thực hiện sao cho nhiệt độ T_{20} tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày là 650°C hoặc thấp hơn, thì chủ yếu ferit bainit hoặc bainit được tạo ra, và do đó không thể tạo ra được cấu trúc tế vi chủ yếu chứa ferit đa giác. Nếu nhiệt độ T_{80} tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày là 650°C hoặc cao hơn, thì sự kết tủa của cacbonitrua và xementit dễ dàng xảy ra cùng với sự chuyển hóa ferit, mà khó có thể làm giàu C vào trong auxtenit không chuyển hóa.

Do đó, theo sáng chế, việc làm nguội sau khi cán nóng được kiểm soát sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C .

Nhiệt độ dừng cán nguội: 600°C đến 450°C

Nếu nhiệt độ dừng làm nguội cao hơn 600°C , thì auxtenit không chuyển hóa được chuyển hóa thành pearlit hoặc bainit sau khi cuộn, và do đó không thể tạo ra được lượng auxtenit dư mong muốn. Nếu nhiệt độ dừng làm nguội thấp hơn 450°C , thì một phần auxtenit không chuyển hóa được chuyển hóa thành mactensit, và do đó không thể tạo ra được lượng auxtenit dư mong muốn. Do đó, nhiệt độ dừng làm nguội của việc làm nguội sau khi việc cán nóng được giới hạn ở trong phạm vi từ 600°C đến 450°C .

Do đó, theo sáng chế, việc làm nguội sau khi cán nóng được giới hạn ở việc xử lý làm nguội mà trong đó việc làm nguội được kiểm soát sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C , và việc làm nguội được thực hiện liên tục đến nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 600°C đến 450°C .

Sau đó, dải thép cán nóng được cuộn để thu được được sử dụng làm vật liệu ống và bước tạo ống được thực hiện. Trong bước tạo ống, dải thép cán nóng được cuộn đóng vai

trò làm vật liệu ống được tháo cuộn và được tạo hình nguội liên tục bằng cách sử dụng nhiều con lăn để thu được ống mở có mặt cắt về cơ bản là hình tròn. Sau đó, các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng được giáp mối đối tiếp với nhau và được gia nhiệt đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó bằng cách gia nhiệt cảm ứng cao tần hoặc gia nhiệt bằng điện trở cao tần, và việc hàn áp lực được thực hiện trên các bề mặt đầu được giáp mối và được gia nhiệt của ống mở theo hướng chiều rộng với trục ép. Do đó, thu được ống thép hàn điện trở. Bước tạo ống theo sáng chế không bị giới hạn cụ thể miễn là ống thép hàn điện trở có kích cỡ và hình dạng mong muốn có thể được sản xuất thông qua bước tạo ống. Bước tạo ống thông thường bất kỳ mà sử dụng phương tiện sản xuất ống thép hàn điện trở thông thường có thể được sử dụng.

Ống thép hàn điện trở được sản xuất theo bước tạo ống sau đó được đưa vào bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền mà trong đó phần được hàn điện trở được xử lý gia nhiệt theo cách dây chuyền.

Khi dải thép cán nóng có hợp phần nằm trong phạm vi của sáng chế được đưa vào hàn điện trở, phần được hàn điện trở thu được có cấu trúc tế vi chủ yếu chứa mactensit và/hoặc bainit phía trên do việc gia nhiệt nhanh và việc làm nguội nhanh trong khi hàn. Các cấu trúc tế vi này là cấu trúc tế vi có độ dẻo dai thấp. Theo sáng chế, cấu trúc tế vi này được biến đổi thành cấu trúc tế vi có độ dẻo dai cao bằng cách thực hiện bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền. "Độ dẻo dai cao" ở đây được thể hiện khi năng lượng hấp thụ của thử nghiệm va chạm Charpy vE₀ (J) theo hướng chu vi là 150 J hoặc lớn hơn tại nhiệt độ thử nghiệm là 0°C.

Để thực hiện việc xử lý gia nhiệt theo cách dây chuyền, tốt hơn là sử dụng một loạt thiết bị thông dụng mà bao gồm một hoặc nhiều thiết bị gia nhiệt và thiết bị làm nguội cảm ứng mà sử dụng làm nguội bằng nước hoặc tương tự, mà có khả năng gia nhiệt và làm nguội phần được hàn điện trở, được sắp xếp liên tục theo cách dây chuyền về phía đầu ra của trục ép trong phương tiện sản xuất ống thép hàn điện trở.

Việc xử lý gia nhiệt theo dây chuyền bao gồm việc gia nhiệt phần được hàn điện trở sao cho phần nhiệt độ nhỏ nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày có nhiệt

độ là 800°C hoặc cao hơn và nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất là 1150°C hoặc thấp hơn và sau đó thực hiện làm nguội bằng nước hoặc cho phép để nguội trên phần được hàn điện trở sao cho nhiệt độ lớn nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày là 500°C hoặc thấp hơn. Ở đây, thuật ngữ "theo dây chuyền" nhằm để chỉ việc sắp xếp theo đường thẳng. Thuật ngữ "việc xử lý gia nhiệt theo dây chuyền" nhằm để chỉ, ví dụ, việc xử lý gia nhiệt mà sử dụng thiết bị gia nhiệt được sắp xếp theo đường thẳng dọc theo phần hàn. Thiết bị gia nhiệt không bị giới hạn cụ thể và, ví dụ, việc gia nhiệt bằng điện trực tiếp có thể được sử dụng thay vì gia nhiệt cảm ứng.

Nhiệt độ gia nhiệt trong việc xử lý gia nhiệt theo dây chuyền: 800°C đến 1150°C

Nếu nhiệt độ gia nhiệt trong phần nhiệt độ nhỏ nhất thấp hơn 800°C, cấu trúc tế vi trong phần được hàn điện trở không thể được kiểm soát thành ferit bainit và/hoặc bainit có độ dẻo dai cao trong toàn bộ vùng theo hướng chiều dày tấm. Nếu nhiệt độ gia nhiệt trong phần gia nhiệt lớn nhất cao hơn 1150°C, thì các hạt auxtenit trở nên thô rõ rệt và độ thấm tôi tăng, dẫn đến hình thành mactensit sau khi làm nguội. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt của phần được hàn điện trở trong việc xử lý gia nhiệt theo dây chuyền được giới hạn ở trong phạm vi từ 800°C đến 1150°C giữa phần nhiệt độ nhỏ nhất và phần nhiệt độ lớn nhất. Nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 850°C đến 1100°C. Việc làm nguội sau khi gia nhiệt có thể được thực hiện bằng cách cho phép để nguội hoặc làm nguội bằng nước theo độ bền và độ dẻo dai yêu cầu, nhưng tốt hơn là sử dụng việc làm nguội bằng nước để đạt được cả độ bền và độ dẻo dai. Sau khi làm nguội bằng nước, việc xử lý tôi theo dây chuyền có thể được thực hiện tùy chọn tại nhiệt độ gia nhiệt (nhiệt độ tôi) nằm trong khoảng từ 400°C đến 700°C. Việc xử lý tôi theo dây chuyền tốt hơn là được thực hiện bằng cách sử dụng một loạt thiết bị gia nhiệt cảm ứng và các thiết bị tương tự được sắp xếp về phía đầu ra của thiết bị xử lý gia nhiệt theo dây chuyền. Thời gian xử lý gia nhiệt theo dây chuyền tốt hơn là 5 giây hoặc lớn hơn tại 800°C hoặc cao hơn.

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa trên các ví dụ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép nóng chảy có hợp phần được liệt kê trong bảng 1 được tinh luyện bằng lò

chuyển, và phôi tấm (vật liệu thép: chiều dày 220 mm) thu được bằng phương pháp đúc liên tục. Phôi tấm (vật liệu thép) được đưa vào bước sản xuất vật liệu ống trong các điều kiện được liệt kê trong bảng 2 để thu được dải thép cán nóng có chiều dày tấm được liệt kê trong bảng 2. Dải thép cán nóng được cuộn để thu được vật liệu ống. Sau đó, dải thép cán nóng được cuộn đóng vai trò làm vật liệu ống được tháo cuộn và được tạo hình nguội liên tục bằng cách sử dụng nhiều con lăn để thu được ống mở có mặt cắt về cơ bản là hình tròn. Sau đó, các bề mặt đầu hướng vào nhau của ống mở theo hướng chiều rộng được giáp nối đối tiếp với nhau và được gia nhiệt đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó bằng cách sử dụng thiết bị gia nhiệt cảm ứng cao tần, và việc hàn áp lực được thực hiện trên các bề mặt đầu hướng vào nhau được giáp nối và được gia nhiệt của ống mở theo hướng chiều rộng với trục ép. Do đó, thu được ống thép hàn điện trở có kích cỡ (chiều dày/đường kính bên ngoài) được liệt kê trong bảng 2. Sau đó, phần được hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thu được được đưa vào việc xử lý gia nhiệt theo dây chuyền mà trong đó việc gia nhiệt được thực hiện đến nhiệt độ bề mặt là 1050°C bằng cách sử dụng thiết bị gia nhiệt cảm ứng được bố trí theo cách dây chuyền ở phía đầu ra của trục ép trong phương tiện sản xuất ống thép hàn điện trở, và cho phép việc nguội được thực hiện sao cho nhiệt độ lớn nhất theo hướng chiều dày là 500°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ trong phần nhiệt độ nhỏ nhất cũng được xác nhận rằng là 850°C hoặc cao hơn. Ở đây, tốc độ làm nguội trung bình của bề mặt ngoài ống trong phần được hàn điện trở là khoảng 2 °C/giây.

Mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ ống thép hàn điện trở thu được, và việc quan sát cấu trúc tế vi, thử nghiệm kéo, và thử nghiệm va chạm được tiến hành. Các phương pháp thử nghiệm như sau.

(1) Quan sát cấu trúc tế vi

Mẫu thử nghiệm dùng để quan sát cấu trúc tế vi được lấy mẫu từ ống thép hàn điện trở thu được sao cho mặt cắt theo hướng cán (mặt cắt L) đóng vai trò làm bề mặt quan sát. Mẫu thử nghiệm được lấy dùng để quan sát cấu trúc tế vi được đánh bóng và được khắc axit (chất khắc ăn mòn: nital). Cấu trúc tế vi tại vị trí 1/2t chiều dày tấm được quan sát bằng kính hiển vi quang học (độ phóng đại: 400 lần) và kính hiển vi quét điện tử SEM

(độ phóng đại: 2000 lần), và hai hoặc nhiều vùng quan sát được chụp trong mỗi mẫu. Từ các ảnh thu được của cấu trúc tế vi, loại cấu trúc tế vi, tỷ lượng theo diện tích của mỗi pha, và tỷ số hình dáng của các hạt tinh thể của pha chính được xác định bằng cách sử dụng thiết bị phân tích hình ảnh. Hơn nữa, cỡ hạt trung bình của pha chính được xác định theo phương pháp cắt thích hợp với tiêu chuẩn JIS G 0551. Trị số trung bình cộng của các trị số thu được được sử dụng làm trị số của ống thép. Hơn nữa, tỷ lượng theo diện tích được xác định đối với auxtenit dư theo phương pháp SEM/EBSD (điện tử tán xạ ngược) do khó có thể phân biệt auxtenit dư bằng mắt thường. Giả định rằng cấu trúc tế vi là ba kích thước đồng nhất, tỷ lượng theo diện tích được xác định được xác định làm tỷ lượng theo thể tích.

(2) Thử nghiệm kéo

Mẫu thử nghiệm kéo được lấy mẫu từ ống thép hàn điện trở thu được tại vị trí 90° theo chiều kim đồng hồ theo hướng chu vi từ phần được hàn điện trở khi được quan sát từ đầu dẫn của ống. Mẫu thử nghiệm kéo được lấy mẫu thích hợp với tiêu chuẩn ASTM A 370 sao cho hướng kéo là hướng trục của ống. Thử nghiệm kéo được tiến hành để xác định các đặc tính kéo (cường độ chảy YS, độ bền kéo TS, và độ giãn đều Elu).

(3) Thử nghiệm va chạm

Mẫu thử nghiệm có dạng khía hình chữ V được lấy mẫu từ phần được hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thu được tại vị trí là $1/2$ chiều dày sao cho hướng theo chu vi là hướng dọc của mẫu thử nghiệm. Thử nghiệm va chạm Charpy được tiến hành thích hợp với tiêu chuẩn ASTM A 370 để xác định năng lượng thử nghiệm va chạm Charpy vE_0 (J) tại nhiệt độ thử nghiệm là 0°C . Ba mẫu thử nghiệm được sử dụng dùng cho thử nghiệm này, và trung bình cộng của các trị số đo được xác định làm năng lượng hấp thụ của ống thép.

Bảng 3 thể hiện các kết quả.

Bảng 1

Thép số	Hợp phần (% khối lượng)											Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ti	Al	Mo, Cu, Ni, Co	Nb, V	Ca	
A	0,13	0,15	1,4	0,014	0,003	0,33	0,014	0,033	-	-	-	Ví dụ
B	0,06	0,30	1,8	0,015	0,002	0,80	0,011	0,035	-	-	0,0025	Ví dụ
C	0,05	0,25	1,5	0,013	0,003	0,30	0,009	0,030	Mo:0,4	V:0,02	-	Ví dụ
D	0,10	0,20	1,1	0,020	0,002	0,60	0,010	0,035	Co:0,5	-	-	Ví dụ
E	0,08	0,25	1,6	0,010	0,001	0,48	0,025	0,025	Mo:0,1	Nb:0,02	-	Ví dụ
F	0,14	0,30	1,2	0,015	0,002	0,25	0,008	0,030	Cu:0,3, Ni:0,3	Nb:0,06, V:0,06	-	Ví dụ
G	0,11	0,30	1,4	0,020	0,002	0,40	0,011	0,035	-	Nb:0,03	-	Ví dụ
H	0,06	0,35	2,1	0,020	0,003	0,28	0,022	0,035	Ni:0,6	-	-	Ví dụ
I	0,09	0,15	1,2	0,013	0,002	0,45	0,015	0,033	Mo:0,1, Co:0,3	Nb:0,04, V:0,03	-	Ví dụ
J	0,12	0,15	1,7	0,030	0,002	0,10	0,013	0,038	-	Nb:0,05	-	Ví dụ so sánh

· Phần còn lại không phải là thành phần nêu trên là Fe và tạp chất không thể tránh được.

Bảng 2

Ống thép số	Thép số	Bước sản xuất vật liệu ống							Bước tạo ống		Bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền		Lưu ý
		Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Nhiệt độ cán nguội cuối cùng kết thúc (°C)	Làm nguội			Chiều dày tấm (mm)	Kích cỡ ống (đường kính bên ngoài φmm × chiều dày mm)	Chiều dày/Đường kính bên ngoài (%)	Nhiệt độ gia nhiệt*** (°C)			
				T ₂₀ * (°C)	T ₈₀ ** (°C)	Nhiệt độ dừng cán nguội (°C)					Thích hợp ***		
1	A	1180	820	740	600	550	Có	406φ × 15,9	3,9	1050		Ví dụ sáng chế	
2	B	1180	820	720	620	540	Có	457φ × 15,9	3,5	1050		Ví dụ sáng chế	
3	C	1180	810	710	610	540	Có	305φ × 15,9	5,2	1050		Ví dụ sáng chế	
4	D	1200	830	750	580	540	Có	356φ × 12,7	3,6	1050		Ví dụ sáng chế	
5	E	1200	810	730	610	520	Có	406φ × 17,5	4,3	1050		Ví dụ sáng chế	
6	F	1150	820	740	620	550	Có	406φ × 15,9	3,9	1050		Ví dụ sáng chế	
7	G	1230	820	720	620	550	Có	406φ × 20,6	5,1	1050		Ví dụ sáng chế	
8	H	1180	790	710	590	560	Có	406φ × 20,6	5,1	1050		Ví dụ sáng chế	
9	I	1180	780	680	580	560	Có	305φ × 17,5	5,7	1050		Ví dụ sáng chế	
10	A	1200	800	770	720	590	Có	305φ × 11,0	3,6	1050		Ví dụ so sánh	
11	B	1180	760	740	670	550	Có	406φ × 14,3	3,5	1050		Ví dụ so sánh	
12	C	1180	780	490	490	500	Không	508φ × 25,4	5,0	1050		Ví dụ so sánh	
13	E	1230	790	590	540	550	Có	508φ × 16,8	3,3	1050		Ví dụ so sánh	
14	G	1220	840	760	620	630	Có	406φ × 15,9	3,9	1050		Ví dụ so sánh	
15	I	1220	820	320	610	350	Không	457φ × 21,5	4,7	1050		Ví dụ so sánh	
16	J	1210	790	710	590	530	Có	508φ × 23,5	4,6	1050		Ví dụ so sánh	

*) Nhiệt độ T₂₀ sau 20 giây kể từ thời điểm t₀ (khi kết thúc việc cán nóng cuối cùng) mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng

**) Nhiệt độ T₈₀ sau 80 giây kể từ thời điểm t₀ (khi kết thúc việc cán nóng cuối cùng) mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng

***) Thích hợp Có: Nhiệt độ tại vị trí trung tâm của dải thép cán nóng theo hướng chiều dày nằm trong phạm vi từ 750°C đến 650° tại 20 giây hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 80 giây kể từ thời điểm t₀ (khi kết thúc việc cán nóng cuối cùng).

Không: Nhiệt độ tại vị trí trung tâm của dải thép cán nóng theo hướng chiều dày nằm ngoài phạm vi từ 750°C đến 650° tại 20 giây hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 80 giây kể từ thời điểm t₀ (khi kết thúc việc cán nóng cuối cùng).

****) Nhiệt độ bề mặt ngoài của ống

Bảng 3

Ông thếp số	Thếp số	Cấu trúc tế vi					Các đặc tính kéo của phần vật liệu nền			Độ dẻo dai của phần được hàn điện trở	Lưu ý
		Loại*	Đoạn cấu trúc tế vi (tỷ lượng theo thể tích (%))		Cỡ hạt trung bình** (μm)	Tỷ số hình đáng**	Cường độ chảy YS (MPa)	Độ bền kéo TS (MPa)	Độ giãn đều Elu (%)		
			Pha chính	A*							
1	A	PF+A+M	PF:85	10	7	1,1	552	635	13	218	Ví dụ sáng chế
2	B	PF+A+M	PF:90	6	8	1,1	477	575	14,9	241	Ví dụ sáng chế
3	C	PF+A+M	PF:90	8	8	1,2	606	670	10,9	275	Ví dụ sáng chế
4	D	PF+A+M	PF:83	16	5	1,3	581	683	15,1	277	Ví dụ sáng chế
5	E	PF+A+M	PF:85	13	6	1,1	570	641	15,2	281	Ví dụ sáng chế
6	F	PF+A+M+B	PF:86	11	9	1,1	588	700	14,8	257	Ví dụ sáng chế
7	G	PF+A+M	PF:85	13	7	1,2	583	670	12,8	183	Ví dụ sáng chế
8	H	PF+A+M	PF:82	16	6	1,2	639	710	9,6	225	Ví dụ sáng chế
9	I	PF+A+M+B	PF:80	14	6	1,2	602	654	11,3	240	Ví dụ sáng chế
10	A	PF+P+B+A	PF:87	0,5	10	1,1	523	575	6,8	212	Ví dụ so sánh
11	B	PF+P+M	PF:88	=	9	1,1	578	628	5,9	214	Ví dụ so sánh
12	C	BF+B	BF:96	=	4	1,5	641	668	5,6	199	Ví dụ so sánh
13	E	B+M	B:80	=	4	1,5	596	677	6,1	219	Ví dụ so sánh
14	G	PF+P+B	PF:86	=	7	1,2	586	640	7,2	256	Ví dụ so sánh
15	I	PF+M	PF:94	=	6	1,2	763	603	7,3	226	Ví dụ so sánh
16	J	PF+A+B+P	PF:88	0,5	6	1,1	541	595	6,5	196	Ví dụ so sánh

*) PF: pha ferit đa giác, BF: pha ferit bainit, A: auxtenit dư, M: pha mactensit, B: pha bainit, P: pearlit

**) Cỡ hạt trung bình và tỷ số hình dáng của pha chính

Theo tất cả các ví dụ sáng chế, ống thép hàn điện trở có độ bền cao được tạo ra bao gồm phần vật liệu nền có độ bền cao với cường độ chảy YS theo hướng trục ống là 415 MPa hoặc lớn hơn và "khả năng uốn cong ưu việt" với độ giãn đều Elu theo hướng trục ống là 8% hoặc lớn hơn, và phần được hàn điện trở có độ dẻo dai ưu việt năng lượng hấp thụ thử nghiệm va chạm Charpy vE_0 là 150 J hoặc lớn hơn tại 0°C. Ngược lại, trong Ví dụ so sánh mà nằm ngoài phạm vi sáng chế, độ giãn đều Elu theo hướng trục ống nhỏ hơn 8% và khả năng uốn cong giảm.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Sáng chế đề xuất hiệu quả rõ ràng trong công nghiệp dưới đây. Cụ thể là, ống thép hàn điện trở có độ bền cao là thích hợp dùng cho các đường ống dẫn của các đường ống dẫn ngoài khơi được lắp đặt theo phương pháp lắp đặt như phương pháp thi công bằng xà lan có trống cuộn, phương pháp lắp đặt chữ S, hoặc phương pháp lắp đặt chữ J và đường ống dẫn được lắp đặt trong các vùng kiến tạo như vùng địa chấn, mà có độ bền cao là Grade X60 hoặc lớn hơn, và có khả năng uốn cong ưu việt có thể được sản xuất với chi phí thấp hơn so với các ống thép liền mà không thực hiện việc xử lý gia nhiệt trên toàn bộ ống. Sáng chế cũng góp phần hiệu quả để sử dụng yêu cầu tính biến dạng cao, như sử dụng trong xây dựng và xây dựng dân dụng, ngoài các đường ống dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống thép hàn điện trở có độ bền cao bao gồm:

hợp phần chứa, theo % khối lượng, C: 0,04% đến 0,15%, Si: 0,10% đến 0,50%, Mn: 1,0% đến 2,2%, P: 0,050% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,2% đến 1,0%, Ti: 0,005% đến 0,030%, và Al: 0,010% đến 0,050%, N: 0,005% hoặc nhỏ hơn, O: 0,005% hoặc nhỏ hơn, tùy chọn ít nhất một trong số được chọn từ Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và Co: 1,0% hoặc nhỏ hơn, tùy chọn ít nhất một trong số được chọn từ Nb: 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,10% hoặc nhỏ hơn, tùy chọn Ca: 0,0005% đến 0,0050%, phần còn lại là Fe và tạp chất không thể tránh được; và

cấu trúc tế vi bao gồm ferit đa giác với tỷ lượng theo thể tích là 70% hoặc lớn hơn và auxtenit dư với tỷ lượng theo thể tích nằm trong khoảng từ 3% đến 20%, phần còn lại là ít nhất một trong số được chọn từ mactensit, bainit, và pearlit, trong đó ferit đa giác có cỡ hạt trung bình là 5 μm hoặc lớn hơn và tỷ số hình dáng là 1,40 hoặc nhỏ hơn.

2. Ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo điểm 1, trong đó hợp phần thép chứa, theo % khối lượng, ít nhất một trong số được chọn từ Mo: 0,05% đến 0,5%, Cu: 0,05% đến 0,5%, Ni: 0,05% đến 1,0%, và Co: 0,05% đến 1,0%.

3. Ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hợp phần thép chứa, theo % khối lượng, ít nhất một trong số được chọn từ Nb: 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn và V: 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn.

4. Ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hợp phần thép chứa Ca: 0,0005% đến 0,0050% theo % khối lượng.

5. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, phương pháp này bao gồm:

bước sản xuất vật liệu ống gồm gia nhiệt, cán nóng, và sau đó làm nguội vật liệu thép để thu được dải thép cán nóng và cuộn dải thép cán nóng;

bước tạo ống gồm tạo hình dải thép cán nóng thành ống mở có mặt cắt về cơ bản là

hình tròn, sau đó giáp mỗi các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng đối tiếp với nhau, gia nhiệt các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó và thực hiện việc hàn áp lực trên các bề mặt đầu được giáp mỗi và được gia nhiệt của ống mở theo hướng chiều rộng để thu được ống thép hàn điện trở; và

bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền gồm xử lý gia nhiệt phần được hàn điện trở của ống thép hàn điện trở theo cách thức theo dây chuyền,

trong đó việc gia nhiệt theo bước sản xuất vật liệu ống được thực hiện tại nhiệt độ gia nhiệt nằm trong khoảng từ 1100°C đến 1250°C ,

việc làm nguội sau khi cán nóng trong bước sản xuất vật liệu ống được thực hiện liên tục đến nhiệt độ dừng làm nguội nằm trong khoảng từ 600°C đến 450°C trong khi việc làm nguội được kiểm soát sao cho, tại vị trí trung tâm của dải thép theo hướng chiều dày, nhiệt độ T_{20} sau 20 giây kể từ thời điểm t_0 mà tại đó kết thúc bước chuyển cán nóng cuối cùng cao hơn 650°C và nhiệt độ T_{80} sau 80 giây kể từ thời điểm t_0 thấp hơn 650°C , và

việc xử lý gia nhiệt trong bước xử lý gia nhiệt theo dây chuyền bao gồm gia nhiệt phần được hàn điện trở sao cho phần nhiệt độ nhỏ nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày có nhiệt độ là 800°C hoặc cao hơn và nhiệt độ gia nhiệt cao nhất là 1150°C hoặc thấp hơn và sau đó thực hiện làm nguội bằng nước hoặc cho phép để nguội trên phần được hàn điện trở sao cho nhiệt độ lớn nhất của phần được hàn điện trở theo hướng chiều dày là 500°C hoặc thấp hơn.

6. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở có độ bền cao theo điểm 5, trong đó trong bước tạo ống, dải thép cán nóng được tháo cuộn và được tạo hình liên tục bằng cách sử dụng nhiều con lăn để thu được ống mở có mặt cắt về cơ bản là hình tròn, sau đó các bề mặt đầu của ống mở theo hướng chiều rộng được giáp mỗi đối tiếp với nhau và được gia nhiệt đến nhiệt độ cao hơn hoặc bằng điểm nóng chảy của nó, và việc hàn áp lực được thực hiện trên các bề mặt đầu được giáp mỗi và được hàn của ống mở theo hướng chiều rộng để thu được ống thép hàn điện trở.