



(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)



1-0028884

(51)⁷ C22C 38/00; B21C 37/08; C21D 1/00; (13) B
C21D 8/02; C22C 38/58; C21D 9/50;
C22C 38/14; B21B 3/00; C21D 9/08

(21) 1-2014-03721

(22) 11/04/2013

(86) PCT/JP2013/002488 11/04/2013

(87) WO 2013/153819 A1 17/10/2013

(30) 2012-092045 13/04/2012 JP

(45) 25/07/2021 400

(43) 26/01/2015 322A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

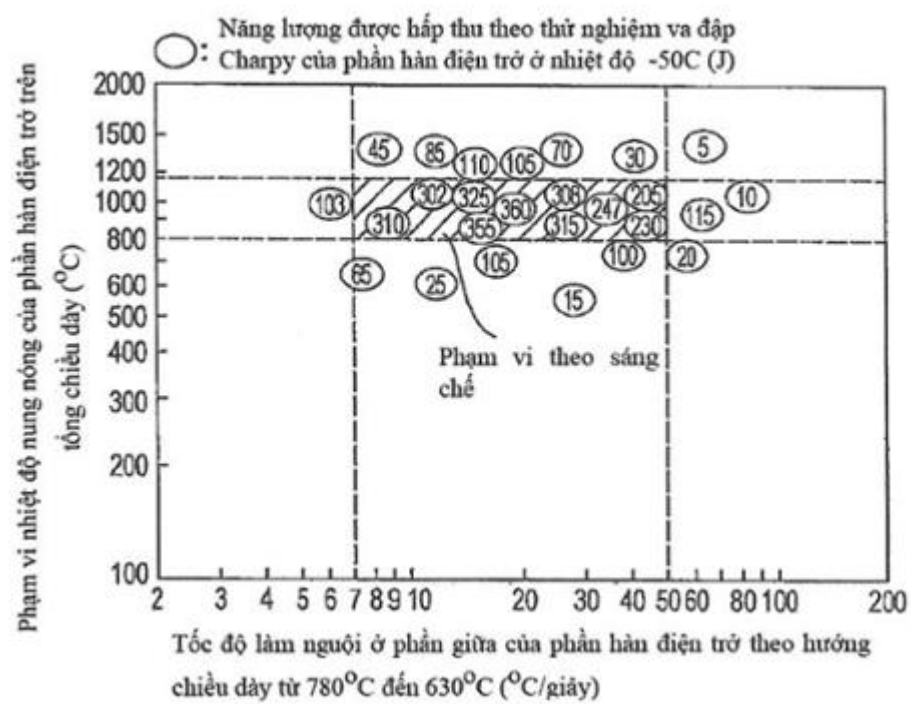
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) TOYODA, Shunsuke (JP); GOTO, Sota (JP); OKABE, Takatoshi (JP); INOUE, Tomohiro (JP); EGI, Motoharu (JP); YONEMOTO, Atsushi (JP).

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

(54) ỐNG THÉP HÀN ĐIỆN TRỞ THÀNH DÀY ĐỘ BỀN CAO CÓ ĐỘ DAI Ở NHIỆT ĐỘ THẤP VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT ỐNG THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu sự tạo vết nứt do hydro gây ra (Hydro induced Cracking-HIC) ưu việt và có giới hạn chảy là 400 MPa hoặc lớn hơn. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất ống thép này. Thép được nung nóng và được giữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C. Thép có hợp phần hóa học bao gồm C: từ 0,025% đến 0,084%, Si: từ 0,10% đến 0,30%, Mn: từ 0,70% đến 1,80%, các lượng được điều chỉnh gồm P, S, Al, N và O, Nb: từ 0,001% đến 0,065%, V: từ 0,001% đến 0,065%, Ti: từ 0,001% đến 0,033% và Ca: từ 0,0001% đến 0,0035% trên cơ sở phần trăm khối lượng và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên và thỏa mãn Pcm bằng 0,20 hoặc nhỏ hơn. Thép được cán nóng với mức giảm chiều dày qua bước cán nóng là 20% hoặc lớn hơn trong phạm vi nhiệt độ chưa tái kết tinh. Sau khi kết thúc quá trình cán nóng, thép được làm nguội đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây và được cuộn ở nhiệt độ 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C để tạo ra dải thép cán nóng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao và cụ thể hơn là đề cập đến việc cải thiện độ tin cậy phần hàn điện trở. Thuật ngữ "độ bền cao" như được sử dụng ở đây để chỉ giới hạn chảy (YS - yield strength) ở mức 400 MPa hoặc lớn hơn. Thuật ngữ "thành dày" như được sử dụng ở đây để chỉ chiều dày nằm trong khoảng từ 16 đến 32mm.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các ống thép hàn điện trở được sử dụng để khoan hoặc vận chuyển dầu hoặc khí đốt. Tuy nhiên, vì độ tin cậy thấp của chúng do độ bền thấp của các phần hàn điện trở, các ống thép hàn điện trở chỉ được sử dụng đối với các ứng dụng không đòi hỏi các đặc tính khắt khe đối với độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu đối với sự tạo vết nứt do hydro gây ra (Hydro induced Cracking – HIC).

Nhằm giải quyết vấn đề được nêu trên, chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt bao gồm bước thực hiện quá trình hàn điện trở tấm thép có hợp phần hóa học được xác định từ trước, bước nung nóng phần hàn điện trở ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 790°C đến 1050°C trong ít nhất là 5 giây và bước làm nguội một cách nhanh chóng phần hàn điện trở từ nhiệt độ nằm trong khoảng từ 770°C đến 890°C với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 30°C/giây đến 150°C/giây, nhờ đó tạo phần hàn điện trở có vi cấu trúc ferit dạng hình kim nhỏ. Tuy nhiên, tấm thép được sử dụng trong tài liệu sáng chế 1 có chiều dày nhỏ ở mức xấp xỉ 8,0mm. Tiếp theo, phần hàn điện trở của ống thép do đó được sản xuất có nhiệt độ chuyển biến vết nứt (hình dạng bên ngoài) nhiều nhất là xấp xỉ ở -40°C và do đó độ dai ở nhiệt độ thấp của phần hàn điện trở không được cải thiện một cách đáng kể. tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt bao gồm bước thực hiện quá trình hàn điện trở của tấm thép có hợp phần hóa học được xác định từ trước, bước nung nóng phần hàn điện trở ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 790°C đến 1050°C trong ít nhất là 5 giây, bước làm nguội một cách nhanh chóng phần hàn điện trở ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 950°C với tốc

độ làm nguội nằm trong khoảng từ 30°C/giây đến 150°C/giây, nhờ đó tạo phần hàn điện trở có vi cấu trúc ferit dạng hình kim nhỏ và nung nóng phần hàn điện trở ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 700°C trong 1 phút hoặc nhỏ hơn để thực hiện quá trình xử lý nhiệt giảm bớt ứng suất.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt bao gồm bước thực hiện quá trình hàn điện trở tấm thép có hợp phần hóa học được xác định từ trước, bước nung nóng phần hàn điện trở ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 850°C đến 1000°C, bước làm nguội một cách nhanh chóng phần hàn điện trở từ điểm chuyển biến Ar₃ hoặc cao hơn đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng nằm trong khoảng từ (điểm chuyển biến Ar₁ - 50°C) đến (điểm chuyển biến Ar₁ - 100°C) với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ trên 30°C/giây đến 100°C/giây và thực hiện việc làm nguội yếu phần hàn điện trở.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 01-58253

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 03-60888

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 07-42509.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tuy nhiên, việc ứng dụng phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 đối với ống thép hàn điện trở thành dày có chiều dày lớn hơn 20mm đòi hỏi một lò lớn để xử lý nhiệt làm giảm ứng suất (loại bỏ ứng suất), do đó gây ra vấn đề về kinh tế. Về vấn đề ứng dụng phương pháp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 3 đối với ống thép hàn điện trở thành dày có chiều dày lớn hơn 20mm, khó nung nóng ống thép hàn điện trở thành dày từ bề mặt ngoài của ống sao cho nhiệt độ phần giữa theo hướng chiều dày của ống nằm trong khoảng từ 850°C đến 1000°C.

Mục đích của sáng chế nhằm giải quyết các vấn đề trong tình trạng kỹ thuật thông thường này và đề xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao không chỉ có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt mà còn có tính chống chịu HIC ưu việt. Thuật ngữ "độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt", như được sử dụng ở đây, có nghĩa là cả phần thép nền và cả phần hàn điện trở có năng lượng được hấp thu theo mặt ngoài vE₅₀ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ thử nghiệm là -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy theo

tiêu chuẩn JIS Z 2242. Thuật ngữ "tính chống chịu HIC ưu việt" như được sử dụng ở đây là chỉ cả phần thép nền và cả phần hàn điện trở có tỷ lệ diện tích bị nứt (Crack Area Ratio – CAR) là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng vào trong dung dịch NACE A (0,5% CH_3COOH + 5% NaCl + H_2S bão hòa) được chỉ ra trong NACE TM0284.

Nhằm đạt được mục đích của sáng chế, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu một cách hệ thống và sâu rộng các hiệu quả của vi cấu trúc và các oxit (các tạp chất) đối với độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC của phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày có chiều dày lớn hơn 16mm. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng, ống thép hàn điện trở có độ dai ở nhiệt độ thấp được cải thiện và có tính chống chịu HIC cả trong phần thép nền và cả trong phần hàn điện trở và do đó tạo độ tin cậy được cải thiện đặc biệt mà có thể được sản xuất bằng cách điều chỉnh hợp phần hóa học của thép được sử dụng và các điều kiện cán nóng trong các phạm vi cụ thể liên quan với phương pháp xử lý nhiệt sau quá trình hàn điện trở.

Trước hết, các kết quả của các thử nghiệm nhằm cải thiện độ tin cậy của phần hàn điện trở, mà sáng chế được dựa vào đó, được thực hiện bởi các tác giả sáng chế, sẽ được mô tả ở phần dưới.

Ống thép hàn điện trở thành dày (có đường kính ngoài là 660,4mm) được chuẩn bị có hợp phần hóa học là từ 0,01% đến 0,20% C, từ 0,01% đến 1,00% Si, từ 0,50% đến 3,00% Mn, từ 0,001% đến 0,100% Al, từ 0% đến 0,150% Nb, từ 0% đến 0,150% V, từ 0% đến 0,150% Ti, từ 0% đến 0,0050% Ca và từ 0,005% đến 0,0100% N trên cơ sở phần trăm khối lượng và có chiều dày nằm trong khoảng từ 16 đến 32mm.

Sau đó, phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở trải qua quá trình xử lý nhiệt (quá trình xử lý nhiệt sau quá trình hàn điện trở) sử dụng thiết bị nung nóng cảm ứng ở các nhiệt độ nung nóng khác nhau và trong các điều kiện làm nguội khác nhau sau khi nung nóng. Các mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ phần hàn điện trở sau quá trình xử lý nhiệt và được trải qua thử nghiệm va đập, thử nghiệm HIC và đo lường các tạp chất. Các phương pháp thử nghiệm và đo này sẽ được mô tả ở phần dưới.

(1) Thử nghiệm sự va đập

Các mẫu thử nghiệm va đập Charpy dạng rãnh hình chữ V (có chiều dày là 10mm) được lấy mẫu theo hướng chu vi từ phần hàn điện trở theo tiêu chuẩn JIS Z

2242 sao cho rãnh dạng hình chữ V trùng khớp với phần giữa của phần hàn điện trở. Năng lượng được hấp thu $vE_{.50}$ của từng mẫu thử nghiệm được đo theo thử nghiệm va đập Charpy ở nhiệt độ là -50°C . Số lượng mẫu thử nghiệm được đo là ba.

(2) Thử nghiệm HIC

Các mẫu thử nghiệm dùng để nhúng (các kích thước: 10mm theo chiều dày x 20mm theo chiều rộng x 160mm theo chiều dài) được lấy mẫu từ phần hàn điện trở và được nhúng vào dung dịch NACE A (0,5% CH_3COOH + 5% NaCl + H_2S bão hòa) được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ. Sau khi nhúng, tỷ lệ diện tích bị nứt CAR của từng mẫu thử nghiệm được xác định bằng cách sử dụng phương pháp kiểm tra vết nứt siêu âm.

(3) Đo lường các tạp chất

Các tấm mẫu (các kích thước: 2mm theo chiều rộng x chiều dày: chiều dày thành x chiều dài: chiều dày thành) được cắt từ giữa phần hàn điện trở và được trải qua sự chiết tách bằng điện trong dung dịch điện phân 10% AA. Sau khi chiết tách bằng điện, các tạp chất (có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn) được lấy ra bằng lưới lọc có kích cỡ lỗ là 2 μm và trải qua sự nóng chảy kiềm. Các hàm lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr được đo theo sự phân tích thể điện tương ngẫu hợp cảm ứng (inductively coupled plasma - ICP). Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr được tính toán. Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được coi là lượng các tạp chất trong phần hàn điện trở.

Các kết quả được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2 như là chức năng của nhiệt độ nung nóng và tốc độ làm nguội sau khi nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt. Fig.1 thể hiện $vE_{.50}$ và Fig.2 thể hiện CAR. Tốc độ làm nguội sau khi nung nóng là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày. Fig.1 và Fig.2 thể hiện là khi nhiệt độ nung nóng của phần hàn điện trở nằm trong khoảng từ 800°C đến 1150°C và tốc độ làm nguội sau khi nung nóng nằm trong khoảng từ $7^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $49^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trên trung bình từ 780°C đến 630°C , phần hàn điện trở có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt là $vE_{.50} = 150 \text{ J}$ hoặc lớn hơn và tính chống chịu HIC ưu việt của $\text{CAR} = 5\%$ hoặc nhỏ hơn.

Như vậy, đã phát hiện ra rằng, phần hàn điện trở mà trải qua quá trình xử lý

nhiệt trong các điều kiện như được mô tả ở trên sau quá trình hàn điện trở có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt.

Trên cơ sở các kết quả này, Fig.3 thể hiện sự tương quan giữa $vE_{.50}$, CAR và tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn.

Fig.3 thể hiện tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn là lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng, phần hàn điện trở có $vE_{.50}$ giảm xuống, CAR tăng lên, tức là bị suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và bị suy giảm tính chống chịu HIC.

Các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn trong phần hàn điện trở được lưu ý như là các tạp chất có sự ảnh hưởng đối với các đặc tính của phần hàn điện trở. Đã phát hiện ra rằng, khi lượng các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn trong phần hàn điện trở vượt quá mức trị số được xác định từ trước, phần hàn điện trở làm giảm đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp và làm giảm tính chống chịu HIC. Sáng chế được hoàn thành trên cơ sở các phát hiện này và được tóm tắt như được mô tả dưới đây.

(1) Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt khác biệt ở chỗ là có;

hợp phần hóa học bao gồm C: từ 0,025% đến 0,084%, Si: từ 0,10% đến 0,30%, Mn: từ 0,70% đến 1,80%, P: từ 0,001% đến 0,018%, S: từ 0,0001% đến 0,0029%, Al: từ 0,01% đến 0,10%, Nb: từ 0,001% đến 0,065%, V: từ 0,001% đến 0,065%, Ti: từ 0,001% đến 0,033%, Ca: từ 0,0001% đến 0,0035%, N: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, O: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó Pcm được xác định theo công thức (1) là 0,20 hoặc nhỏ hơn,

$$P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (1)$$

trong đó C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V và B chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng,

vi cấu trúc bao gồm 90% theo diện tích hoặc lớn hơn của ferit hầu như là hình đa giác có kích cỡ hạt là 10 μm hoặc nhỏ hơn trong từng phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép,

giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn,

và

năng lượng được hấp thu vE_{50} là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy.

(2) Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục (1), khác biệt ở chỗ là hợp phần hóa học còn chứa B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

(3) Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục (1) hoặc mục (2), khác biệt ở chỗ là hợp phần hóa học còn chứa ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700% trên cơ sở phần trăm khối lượng.

(4) Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), khác biệt ở chỗ là tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là $2\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở là 0,0089% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

(5) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt, bao gồm bước cán nóng bằng cách sản xuất dải thép cán nóng từ thép bằng cách nung nóng, cán nóng, làm nguội và cuộn và bước tạo ống bằng cách cán tạo hình một cách liên tục dải thép cán nóng sau bước cán nóng tạo sản phẩm dạng ống tròn có mặt cắt ngang về cơ bản là hình tròn và tiếp đó hàn đối đỉnh các đầu theo chu vi của sản phẩm dạng ống tròn bởi quá trình hàn điện trở để tạo ống thép hàn điện trở, khác biệt ở chỗ là:

thép có hợp phần hóa học bao gồm C: từ 0,025% đến 0,084%, Si: từ 0,10% đến 0,30%, Mn: từ 0,70% đến 1,80%, P: từ 0,001% đến 0,018%, S: từ 0,0001% đến 0,0029%, Al: từ 0,01% đến 0,10%, Nb: từ 0,001% đến 0,065%, V: từ 0,001% đến 0,065%, Ti: từ 0,001% đến 0,033%, Ca: từ 0,0001% đến 0,0035%, N: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, O: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó Pcm được xác định theo công thức (1) là 0,20 hoặc nhỏ hơn,

$$P_{cm} = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (1)$$

trong đó C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V và B chỉ các lượng (% khối lượng) của

các nguyên tố tương ứng,

bước cán nóng được thực hiện bằng cách nung nóng thép đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C, duy trì nhiệt độ này trong 90 phút hoặc lâu hơn, cán nóng thép với mức giảm chiều dày qua bước cán nóng là 20% hoặc lớn hơn trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh, sau khi kết thúc bước cán nóng, làm nguội thép đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 630°C hoặc nhỏ hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây, tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày và cuộn thép ở nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C,

bước tạo ống theo sau là quá trình xử lý nhiệt bao gồm quá trình nung nóng phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở trên dây chuyền sản xuất sao cho phần hàn điện trở có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1150°C trên toàn bộ chiều dày thành, sau đó làm nguội phần hàn điện trở đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây, tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày và sau đó cho phép phần hàn điện trở được làm nguội bằng không khí,

và

phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở có giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn và năng lượng được hấp thu là vE_{50} là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ là -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy.

(6) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục (5), khác biệt ở chỗ là khi rãnh dạng côn được tạo ra trên các mặt đầu của dải thép cán nóng theo hướng chiều rộng bởi rãnh hình lá tản nhiệt tạo ra trong quá trình cán tạo hình trong bước tạo ống, khoảng cách giữa vị trí bắt đầu tạo hình côn của rãnh dạng côn và bề mặt mà sẽ trở thành bề mặt ngoài của ống hoặc bề mặt mà sẽ trở thành bề mặt trong của ống theo hướng chiều dày dải thép nằm trong khoảng từ 2% đến 60% của chiều dày dải thép cán nóng.

(7) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục (5) hoặc mục (6), khác biệt ở chỗ là áp suất riêng phần của oxy môi trường trong quá trình hàn điện trở trong bước tạo ống được điều chỉnh ở mức $900/f_{\text{oxy}}$ phần

triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, trong đó f_{oxy} thể hiện mức độ oxy hóa của thép nóng chảy được xác định theo công thức (2) sau đây,

$$f_{\text{oxy}} = \text{Mn} + 10(\text{Si} + \text{Cr}) + 100\text{Al} + 1000\text{Ca} \quad (2)$$

trong đó Mn, Si, Cr, Al và Ca chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng.

(8) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (5) đến (7), khác biệt ở chỗ là hợp phần hóa học của thép còn chứa B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

(9) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (5) đến (8), khác biệt ở chỗ là hợp phần hóa học của thép còn chứa ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700% trên cơ sở phần trăm khối lượng.

(10) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (5) đến (9), khác biệt ở chỗ là bước làm nguội trong quá trình xử lý nhiệt bao gồm việc lắp ráp ít nhất là hai dây các đầu làm nguội theo hướng vận chuyển ở trên phần hàn điện trở, các đầu làm nguội được lắp với vòi phun mà qua đó dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể được phun ra với lưu lượng dòng nước là $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$ hoặc lớn hơn và phun dòng nước làm nguội có hình dạng cần qua vòi phun với tốc độ là 1 m/giây hoặc lớn hơn.

(11) Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo mục (10), khác biệt ở chỗ là các đầu làm nguội được tạo kết cấu để điều chỉnh một cách độc lập quá trình phun nước làm nguội.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao bao gồm phần thép nền và phần hàn điện trở có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt có thể được sản xuất một cách dễ dàng và ổn định. Như vậy, sáng chế có hiệu quả có lợi về công nghiệp. Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo sáng chế bao gồm phần hàn điện trở có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt và do đó cải thiện được độ tin cậy. Như vậy, ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có thể được sử dụng một cách ổn định trong các ứng dụng đòi

hỏi độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị thể hiện $vE_{.50}$ của phần hàn điện trở như là hàm số của nhiệt độ nung nóng và tốc độ làm nguội sau khi nung nóng;

Fig.2 là đồ thị thể hiện tỷ lệ diện tích bị nứt CAR sau khi nhúng phần hàn điện trở trong dung dịch NACE A như là hàm số của nhiệt độ nung nóng và tốc độ làm nguội sau khi nung nóng;

Fig.3 là đồ thị thể hiện $vE_{.50}$ của phần hàn điện trở và tỷ lệ diện tích bị nứt CAR sau khi nhúng phần hàn điện trở trong dung dịch NACE A như là hàm số của tổng lượng (phần triệu theo khối lượng) của Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở.

Mô tả chi tiết sáng chế

Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo sáng chế có thành dày với chiều dày nằm trong khoảng từ 16 đến 32mm và bao gồm phần thép nền và phần hàn điện trở có giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn và độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt được biểu thị theo năng lượng được hấp thu theo mặt ngoài $vE_{.50}$ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ thử nghiệm là -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy. Ống thép hàn điện trở còn có tính chống chịu HIC ưu việt được biểu thị theo tỷ lệ diện tích bị nứt CAR là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng ống thép hàn điện trở trong dung dịch NACE A trong 96 giờ.

Lý do giới hạn hợp phần hóa học của ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả ở phần dưới. % khối lượng trong hợp phần hóa học sau đây được gọi một cách đơn giản là %.

C: từ 0,025% đến 0,084%

C tạo ra các pha rắn, như là peclit, hầu như là peclit, xementit, bainit hoặc mactensit và làm tăng độ bền của ống thép. C có sự ảnh hưởng đối với quá trình tạo các oxit trong phần hàn điện trở qua việc hạ điểm hóa rắn hoặc phản ứng tạo CO với O_2 môi trường trong quá trình hàn điện trở. Các hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng C là 0,025% hoặc lớn hơn. Giới hạn chảy mong muốn YS là 400 MPa hoặc lớn hơn có thể không đạt được với hàm lượng C nhỏ hơn 0,025%. Hàm lượng C lớn hơn

0,084% dẫn đến phần trăm pha rắn lớn hơn 10% trong phần hàn điện trở và phần thép nền, làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp, tức là, năng lượng được hấp thu nhỏ hơn 150 J ở nhiệt độ -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy. Điều này cũng dẫn đến tỷ lệ diện tích bị nứt CAR lớn hơn 5% sau khi nhúng trong dung dịch NACE A được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ, làm suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng C nằm trong khoảng từ 0,025% đến 0,084%, tốt hơn là từ 0,030% đến 0,060%.

Si: từ 0,10% đến 0,30%

Si làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở qua sự làm tăng độ bền dung dịch rắn. Si có ái lực cao hơn với O so với Fe và có thể tạo các eutectic oxit có độ nhớt cao với các Mn oxit trong phần hàn điện trở. Hàm lượng Si nhỏ hơn 0,10% dẫn đến hàm lượng cao của Mn trong các eutectic oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Điều này dẫn đến tổng Si, Mn và Al là lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng trong các tạp chất có kích cỡ là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở, làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Si bị giới hạn ở mức 0,10% hoặc lớn hơn.

Hàm lượng Si lớn hơn 0,30% dẫn đến hàm lượng cao của Si trong các eutectic oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Điều này dẫn đến tổng Si, Mn và Al là lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng trong các tạp chất có kích cỡ là 2 μm hoặc lớn hơn và làm tăng lượng tuyệt đối của các oxit, gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Si bị giới hạn ở mức 0,30% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là từ 0,15% đến 0,25%.

Mn: từ 0,70% đến 1,80%

Mn làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở qua sự làm tăng độ bền dung dịch rắn và tăng độ bền chuyển biến. Mn có ái lực với O cao hơn so với Fe và có thể tạo các eutectic oxit có độ nhớt cao với các Si oxit trong phần hàn điện trở. Hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,70% dẫn đến hàm lượng cao của Si trong các eutectic oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường

làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Điều này dẫn đến tổng Si, Mn và Al là lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng trong các tạp chất có kích cỡ là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở, làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và suy giảm tính chống chịu HIC. Hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,70% dẫn đến phần thép nền và phần hàn điện trở được tạo ra ferit đa giác thô có kích cỡ hạt dơ lớn hơn 10 μm , do đó làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Như vậy, hàm lượng Mn bị giới hạn ở mức 0,70% hoặc lớn hơn.

Hàm lượng Mn cao lớn hơn 1,80% dẫn đến hàm lượng cao của Mn trong các eutectic oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, như vậy thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Điều này dẫn đến tổng Si, Mn và Al là lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở và làm tăng lượng tuyệt đối các oxit. Hàm lượng Mn lớn hơn 1,80% còn dẫn đến phần trăm pha rắn lớn hơn 10% theo diện tích trong phần thép nền và phần hàn điện trở. Điều này gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Mn bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,70% đến 1,80%. Hàm lượng Mn tốt hơn là từ 0,85% đến 1,65%.

P: từ 0,001% đến 0,018%

P là nguyên tố góp phần làm tăng độ bền nhưng lại làm suy giảm độ dai vì sự chia tách ở các đường biên hạt hoặc ở các vùng khác. P kết hợp với Mn và làm suy giảm tính chống chịu HIC của phần thép nền và phần hàn điện trở. Như vậy, mong muốn là giảm thiểu hàm lượng P nhưng việc làm giảm quá mức hàm lượng P sẽ làm tăng chi phí tinh luyện. Hàm lượng P lớn hơn 0,018% dẫn đến sự suy giảm đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng P bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,018%, tốt hơn là từ 0,001% đến 0,013%.

S: từ 0,0001% đến 0,0029%

S kết tủa làm MnS trong phần hàn điện trở và phần thép nền và gây suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC. Như vậy, mong muốn là giảm thiểu hàm lượng S nhưng việc làm giảm quá mức hàm lượng S sẽ làm tăng chi phí tinh luyện. Với hàm lượng S lớn hơn 0,0029% dẫn đến sự suy giảm đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp và hạ thấp tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng S bị giới hạn nằm

trong khoảng từ 0,0001% đến 0,0029%, tốt hơn là từ 0,0001% đến 0,0019%.

Al: từ 0,01% đến 0,10%

Al là nguyên tố hoạt động như chất khử oxy trong quá trình sản xuất thép. Al kết tủa làm AlN trong auxtenit, làm hạn chế sự tăng kích cỡ của hạt trong quá trình nung nóng auxtenit và cải thiện độ dai ở nhiệt độ thấp. Al có ái lực cao hơn với O so với Si hoặc Mn và tạo các oxit như là dung dịch rắn trong các eutectic oxit Mn-Si như là 2MnO-SiO_2 (Tephroit). Hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng Al là bằng 0,01% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Al nhỏ hơn 0,01% dẫn đến khả năng khử oxy hóa không đạt yêu cầu trong quá trình sản xuất thép, độ tinh khiết thấp của thép và tổng Si, Mn và Al là lớn hơn 89 phần triệu trong tổng các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở. Điều này gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC.

Hàm lượng Al lớn hơn 0,10% dẫn đến hàm lượng cao trong các eutectic oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Như vậy, tổng lượng Si, Mn và Al trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở vượt quá 89 phần triệu. Điều này gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Al bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,10%, tốt hơn là từ 0,03% đến 0,08%.

Nb: từ 0,001% đến 0,065%

Nb kết tủa chủ yếu làm các cacbit và làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở. Hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng Nb bằng 0,001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Nb cao lớn hơn 0,065% dẫn đến lượng các cacbonitrit Nb không được hòa tan dư lớn, gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Nb bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,065%, tốt hơn là từ 0,005% đến 0,050%.

V: từ 0,001% đến 0,065%

Cũng như Nb, V kết tủa chủ yếu làm các cacbit và làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở. Hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng V là bằng 0,001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng V cao lớn hơn 0,065% dẫn đến các cacbonitrit không hòa tan dư lớn, gây

ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng V bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,065%, tốt hơn là từ 0,005% đến 0,050%.

Ti: từ 0,001% đến 0,033%

Cũng như Nb và V, Ti kết tủa chủ yếu là các cacbit và làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở. Hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng Ti là bằng 0,001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ti cao lớn hơn 0,033% dẫn đến các cacbonitrit Ti không hòa tan dư lớn, gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Ti bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,033%, tốt hơn là từ 0,005% đến 0,020%.

Ca: từ 0,0001% đến 0,0035%

Ca là nguyên tố tạo các sulfua trên hình cầu thép và cải thiện độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC ở lân cận của phần hàn điện trở. Hiệu quả này đòi hỏi hàm lượng Ca là bằng 0,0001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ca lớn hơn 0,0035% dẫn đến hàm lượng cao của Ca trong các oxit vì ái lực cao của Ca với O. Điều này dẫn đến điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Như vậy, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở vượt quá 89 phần triệu theo khối lượng và lượng tuyệt đối của oxit tăng lên. Điều này gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng Ca bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 0,0035%, tốt hơn là từ 0,0002% đến 0,0028%.

N: 0,0050% hoặc nhỏ hơn

N trong phần hàn điện trở và phần thép nền kết tủa làm Ti(N, C) hoặc nằm lại như là dung dịch rắn và làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC. Do đó mong muốn là giảm thiểu hàm lượng N, nhưng sự giảm quá mức hàm lượng N làm tăng chi phí tinh luyện. Như vậy, mong muốn hạn chế hàm lượng N ở mức 0,0001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N lớn hơn 0,0050% dẫn đến sự suy giảm một cách đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng N bị giới hạn ở mức 0,0050% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là từ 0,0001% đến 0,0040%.

O: 0,0030% hoặc nhỏ hơn

O trong phần hàn điện trở và phần thép nền nằm lại như là oxit các tạp chất và làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC. Như vậy, mong muốn là giảm thiểu hàm lượng O. Hàm lượng O lớn hơn 0,0030% dẫn đến sự suy giảm một cách đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, hàm lượng O bị giới hạn ở mức 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, sự suy giảm quá mức hàm lượng O sẽ làm tăng chi phí tinh luyện. Như vậy, hàm lượng O tốt hơn là bằng 0,0001% hoặc lớn hơn. Hàm lượng O tốt hơn là bằng 0,0020% hoặc nhỏ hơn.

Các nguyên tố này là các nguyên tố cơ bản theo sáng chế. Ngoài các nguyên tố này, B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn và/hoặc ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700% có thể được chứa nếu cần thiết.

B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn

B cải thiện độ thấm tôi và nhờ đó góp phần làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở. Hàm lượng B tốt hơn là bằng 0,0001% hoặc lớn hơn nhằm đạt được hiệu quả này. Tuy nhiên, các mức hiệu quả này giảm ở hàm lượng B lớn hơn 0,0030% và không được mong đợi là tỷ lệ với hàm lượng B vượt quá mức ngưỡng này.

Như vậy, khi ống thép hàn điện trở chứa B, hàm lượng B tốt hơn là bị giới hạn ở mức 0,0030% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0020% hoặc nhỏ hơn.

Ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700%

Cu, Ni, Mo và Cr là các nguyên tố góp phần làm tăng độ bền của phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày và điều chỉnh ferit đa giác thô. Ít nhất một trong số các nguyên tố Cu, Ni, Mo và Cr có thể được chứa nếu cần thiết.

Cu đảm bảo mức tăng độ bền theo yêu cầu và hạn chế sự tạo ferit đa giác thô có kích cỡ hạt lớn hơn 10 μm vì độ thấm tôi được cải thiện của phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày. Cu còn cải thiện tính chống chịu HIC của ống thép hàn điện trở. Hàm lượng Cu tốt hơn là 0,001% hoặc lớn hơn nhằm đạt được các hiệu quả này. Tuy nhiên, các mức hiệu quả này giảm ở hàm lượng Cu lớn hơn 0,350% và không được mong đợi là tỷ lệ với hàm lượng Cu vượt quá ngưỡng này. Như vậy, khi ống thép hàn điện trở chứa Cu, hàm lượng Cu tốt hơn là được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,350%, tốt hơn nữa là từ 0,05%

đến 0,290%.

Giống như Cu, Ni đảm bảo mức tăng độ bền theo yêu cầu và hạn chế sự tạo ferit đa giác thô có kích cỡ hạt dơ lớn hơn 10 μm vì độ thấm tôi được cải thiện của phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày. Ni còn cải thiện tính chống chịu HIC của ống thép hàn điện trở. Hàm lượng Ni tốt hơn là bằng 0,001% hoặc lớn hơn nhằm đạt được các hiệu quả này. Mức các hiệu quả này giảm ở hàm lượng Ni lớn hơn 0,350% và không được mong đợi là tỷ lệ với hàm lượng Ni vượt quá ngưỡng này. Như vậy, khi ống thép hàn điện trở chứa Ni, hàm lượng Ni tốt hơn là được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,350%, tốt hơn nữa là từ 0,05% đến 0,290%.

Giống như Ni và Cu, Mo đảm bảo mức tăng độ bền theo yêu cầu và hạn chế sự tạo ferit đa giác thô có kích cỡ hạt dơ lớn hơn 10 μm vì độ thấm tôi được cải thiện của phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày. Mo còn cải thiện tính chống chịu HIC của ống thép hàn điện trở. Hàm lượng Mo tốt hơn là bằng 0,001% hoặc lớn hơn nhằm đạt được các hiệu quả này. Mức các hiệu quả này giảm ở hàm lượng Mo lớn hơn 0,350% và không được mong đợi là tỷ lệ với hàm lượng Mo vượt quá ngưỡng này. Như vậy, khi ống thép hàn điện trở chứa Mo, hàm lượng Mo tốt hơn là được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,350%, tốt hơn nữa là từ 0,05% đến 0,290%.

Giống như Mn, Cr góp phần làm tăng độ bền của ống thép hàn điện trở qua việc tăng độ bền chuyển biến, đảm bảo mức tăng độ bền theo yêu cầu và hạn chế sự tạo ferit đa giác thô. Hàm lượng Cr tốt hơn là bằng 0,001% hoặc lớn hơn nhằm đạt được các hiệu quả này. Cr có ái lực cao hơn với O so với Fe và có xu hướng tạo các oxit. Hàm lượng Cr lớn hơn 0,700% dẫn đến sự tập trung cao của Cr trong các oxit và điểm nóng chảy của các oxit cao hơn so với nhiệt độ thép nóng chảy, do đó thường làm cho các oxit nằm lại trong phần hàn điện trở. Như vậy, lượng tuyệt đối các oxit tăng lên và tổng lượng Si, Mn, Al và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở vượt quá 89 phần triệu theo khối lượng. Điều này gây ra sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, khi ống thép hàn điện trở chứa Cr, hàm lượng Cr tốt hơn là được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,700%,

tốt hơn nữa là từ 0,01% đến 0,700%, còn tốt hơn nữa là từ 0,02% đến 0,290%.

Theo sáng chế, lượng của các nguyên tố này nằm trong các phạm vi được nêu trên và Pcm được xác định theo công thức dưới đây thỏa mãn giá trị bằng 0,20 hoặc nhỏ hơn. Trong số các nguyên tố này, lượng các nguyên tố không chứa là 0.

$$Pcm = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B$$

trong đó C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V và B chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng.

Pcm là thông số đề cập đến sự tạo vi cấu trúc sau khi làm nguội một cách nhanh chóng phần hàn điện trở. Khi Pcm là bằng 0,20 hoặc nhỏ hơn, vi cấu trúc của phần hàn điện trở bao gồm 90% theo diện tích hoặc lớn hơn của ferit hầu như là đa giác có kích cỡ hạt là 10 μ m hoặc nhỏ hơn. Khi Pcm lớn hơn 0,20, vi cấu trúc của phần hàn điện trở bao gồm dưới 90% theo diện tích hoặc lớn hơn của ferit hầu như là đa giác. Điều này làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Giới hạn dưới của Pcm tốt hơn là, nhưng không bị giới hạn ở mức 0,070 hoặc lớn hơn nhằm đảm bảo một cách ổn định giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn.

Lý do hạn chế vi cấu trúc của ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả ở phần dưới. 90% diện tích hoặc lớn hơn của từng phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo sáng chế được chiếm bởi ferit hầu như là đa giác có kích cỡ hạt là 10 μ m hoặc nhỏ hơn. Thuật ngữ "ferit hầu như là đa giác", như được sử dụng ở đây để chỉ "ferit hầu như là đa giác" (α_q) được nêu trong "Hagane no beinaito shashinsyu-1 (Các ảnh chụp của bainit trong thép 1)" (biên soạn bởi Kiso kyodo kenkyu kai beinaito chosa kenkyu bukai (Xã hội nghiên cứu chung cơ bản, nhóm nghiên cứu bainit) của Hiệp hội sắt thép Nhật Bản: "Hagane no beinaito shashinsyu-1", trang 4, phát hành ngày 29 tháng 06 năm 1992, nhà xuất bản: Hiệp hội sắt thép Nhật Bản). α_q là ferit dạng không đồng đều được tạo ra ở nhiệt độ thấp hơn so với ferit đa giác α_p cắt ngang đường biên hạt auxtenit trước khi chuyển biến. Ứng suất chuyển biến hầu như được thu hồi vào α_q .

Khi phần trăm diện tích của ferit hầu như là đa giác nhỏ hơn 90%, mức tăng độ bền theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp có thể không đạt được vì lượng được tăng lên của ferit đa giác thô hoặc độ dai ở nhiệt độ thấp cao theo mong muốn có thể

không đạt được vì sự tăng độ bền quá mức do lượng tăng lên của bainit. Như vậy, phần trăm diện tích của ferit hầu như là đa giác bị giới hạn ở mức 90% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 92% hoặc lớn hơn. Khi kích cỡ hạt dơ của ferit hầu như là đa giác được tăng lên lớn hơn 10 μm , mức tăng độ bền theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp có thể không đạt được. Như vậy, kích cỡ hạt dơ của ferit hầu như là đa giác bị giới hạn ở mức 10 μm hoặc nhỏ hơn. Kích cỡ hạt được đo bằng cách sử dụng phương pháp chuẩn theo JIS G 0551 (2005).

Pha thứ hai khác với ferit hầu như là đa giác có thể peclit, hầu như là peclit, xementit, bainit và/hoặc mactensit chiếm nhỏ hơn 10% theo diện tích trên tổng diện tích.

Trong phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở theo sáng chế, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở tốt hơn là 0,0089% hoặc nhỏ hơn. Trong số các nguyên tố này, lượng (các) nguyên tố không chứa được xem là bằng 0 trên tổng lượng các nguyên tố. Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn chỉ lượng các tạp chất có sự ảnh hưởng đối với các đặc tính. Lượng các tạp chất tăng lên cùng với tổng lượng.

Trong số các tạp chất (các oxit) trong phần hàn điện trở, khi tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn là nhỏ hơn 89 phần triệu theo khối lượng, tỷ lệ diện tích bị nứt (CAR) sau khi nhúng trong dung dịch NACE A (0,5% CH_3COOH + 5% NaCl + H_2S bão hòa) được chỉ ra trong NACE TM0284 là 5% hoặc nhỏ hơn chỉ ra tính chống chịu HIC được cải thiện. Ngoài ra, năng lượng hấp thụ sự va đập Charpy vE_{50} của phần hàn điện trở ở nhiệt độ thử nghiệm là -50°C lớn hơn 150 J mà chỉ độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt. Khi tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn là lớn hơn 89 phần triệu sẽ dẫn đến sự suy giảm tính chống chịu HIC và sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Như vậy, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là bị giới hạn ở mức 89 phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 39 phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Trong số các tạp chất được chứa trong phần hàn điện trở, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được xác định như được mô tả ở dưới đây.

Các tấm mẫu (các kích thước: 2mm theo chiều rộng x chiều dày: chiều dày thành x chiều dài: chiều dày thành) được cắt từ giữa phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở và được trải qua sự chiết tách bằng điện trong dung dịch điện phân 10% AA. Sau sự chiết tách bằng điện, các tạp chất có kích cỡ là 2 μm hoặc lớn hơn được lấy ra bởi lưới lọc có kích cỡ lỗ là 2 μm và trải qua sự nóng chảy kiềm. Các hàm lượng của Si, Mn, Al, Ca và Cr được đo dựa trên sự phân tích ICP. Tổng lượng của các nguyên tố được tính toán và được xem như là tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn.

Lý do hạn chế phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở theo sáng chế sẽ được mô tả ở dưới.

Thép, như là phôi tấm, có hợp phần hóa học như được mô tả ở trên được tạo thành dải thép cán nóng trong bước cán nóng. Dải thép cán nóng được tạo bằng quá trình cán một cách liên tục để tạo ra sản phẩm dạng ống tròn. Sản phẩm dạng ống tròn trải qua quá trình hàn điện trở trong bước tạo ống để sản xuất ống thép hàn điện trở. Thép có thể được sản xuất bằng cách sử dụng phương pháp bất kỳ. Tốt hơn là, thép nóng chảy có hợp phần hóa học như được mô tả ở trên được tạo ra sử dụng phương pháp nóng chảy thông thường, chẳng hạn, sử dụng lò thổi và được tạo thành thép như là phôi tấm, sử dụng phương pháp đúc thông thường như là phương pháp đúc liên tục.

Thép, như là phôi tấm, được tạo thành dải thép cán nóng ở bước cán nóng.

Trong bước cán nóng, thép có hợp phần hóa học như được mô tả ở trên được nung nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C được giữ ở nhiệt độ này trong 90 phút hoặc lâu hơn và cho trải qua cán nóng với mức độ giảm chiều dày trong cán nóng (mức độ giảm chiều dày) là 20% hoặc lớn hơn trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh (phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh). Sau khi kết thúc quá trình cán nóng, thép được làm nguội đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây. Tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa

theo hướng chiều dày. Sau khi làm nguội, thép được cuộn ở nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc lớn hơn và dưới nhiệt độ 600°C (từ 400°C đến 599°C) tạo thành dải thép cán nóng.

Nhiệt độ nung nóng: từ 1200°C đến 1280°C

Nhiệt độ nung nóng thép có sự ảnh hưởng đối với độ bền, độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC của phần thép nền của ống thép. Ở nhiệt độ nung nóng thấp hơn 1200°C, các nguyên tố tăng độ bền sự kết tủa như là Nb, V và Ti không được tái hòa tan và còn lại ở dạng kết tủa thô. Như vậy, giới hạn chảy cao theo yêu cầu YS là 400 MPa hoặc lớn hơn có thể không đạt được. Phần kết tủa thô còn lại làm giảm tính chống chịu HIC. Nhiệt độ nung nóng cao trên 1280°C dẫn đến làm hóa thô các hạt tinh thể và làm hóa thô ferit hầu như là đa giác tạo ra. Như vậy, kích cỡ hạt mong muốn d₅₀ là 10 μm hoặc nhỏ hơn có thể không được đáp ứng. Sự hóa thô của vi cấu trúc làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Như vậy, nhiệt độ nung nóng bị giới hạn nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C. Thời gian duy trì quá trình nung nóng là 90 phút hoặc lâu hơn. Thời gian duy trì quá trình nung nóng là dưới 90 phút dẫn đến phần kết tủa thô còn lại của các nguyên tố không được hòa tan làm tăng độ bền kết tủa như là Nb, V và Ti ở phần giữa theo hướng chiều dày làm suy giảm tính chống chịu HIC. Như vậy, thời gian duy trì quá trình nung nóng bị giới hạn ở mức 90 phút hoặc lâu hơn.

Thép nung nóng được cho trải qua quá trình cán nóng bao gồm quá trình cán thô và quá trình cán tinh. Trong quá trình cán tinh, mức độ làm giảm chiều dày của quá trình cán nóng (mức giảm chiều dày) trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh (phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh) là 20% hoặc lớn hơn và nhiệt độ kết thúc là 780°C hoặc lớn hơn.

Mức độ cán nóng làm giảm chiều dày (mức giảm chiều dày) trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh (phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh): 20% hoặc lớn hơn.

Khi mức độ làm giảm chiều dày của quá trình cán nóng (mức giảm chiều dày) trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh (phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh) là nhỏ hơn 20%, vi cấu trúc bị thô hóa và độ dai ở nhiệt độ thấp theo yêu cầu có thể không đạt được. Như vậy, mức độ làm giảm chiều dày của quá trình cán nóng (mức giảm chiều dày) trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh (phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh) bị giới

hạn ở mức 20% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 30% hoặc lớn hơn.

Nhiệt độ kết thúc: 780°C hoặc lớn hơn

Nhiệt độ kết thúc của quá trình cán tinh tốt hơn là 780°C hoặc lớn hơn. Nhiệt độ kết thúc thấp hơn 780°C dẫn đến ứng suất cán dư và làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp của tấm thép cán nóng.

Sau khi kết thúc quá trình cán nóng, tấm thép cán nóng được làm nguội trên bàn chạy ra từ quá trình cán nóng. Tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng ở 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây. Tốc độ làm nguội là tốc độ trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày. Tấm thép sau đó được cuộn ở nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C (từ 400°C đến 599°C).

Tốc độ làm nguội trung bình là từ 780°C đến 630°C: từ 7°C/giây đến 49°C/giây.

Khi tốc độ làm nguội trung bình là nhỏ hơn 7°C/giây, ferit đa giác thô được tạo ra và độ dai ở nhiệt độ thấp lớn theo yêu cầu và độ bền cao có thể không đạt được. Khi tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn 49°C/giây, bainit hoặc mactensit được tạo ra và độ dai ở nhiệt độ thấp lớn theo yêu cầu có thể không đạt được vì độ bền cao quá mức. Như vậy, tốc độ làm nguội từ 780°C đến 630°C nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây trên trung bình. Tốt hơn là, tốc độ làm nguội trung bình là 29°C/giây hoặc nhỏ hơn sao cho lượng ferit hầu như là đa giác chiếm 92% hoặc lớn hơn.

Trong quá trình làm nguội sau khi cán nóng, mong muốn là, ngoại trừ đối với lớp bề mặt trên cùng có chiều dày là 0,2mm, độ lệch từ tốc độ làm nguội ở phần giữa theo hướng chiều dày là trong phạm vi 5°C/giây ở vị trí chậm nhất và trong phạm vi 20°C/giây ở vị trí nhanh nhất.

Tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ là 630°C hoặc thấp hơn ở phần giữa theo hướng chiều dày ở tốc độ làm nguội này và sau đó được cuộn.

Nhiệt độ làm nguội cuối cùng: 630°C hoặc thấp hơn

Khi nhiệt độ làm nguội cuối cùng lớn hơn 630°C, vi cấu trúc mịn theo yêu cầu có thể không được tạo ra và độ bền cao theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp

lớn có thể không đạt được trong phần thép nền. Như vậy, nhiệt độ làm nguội cuối cùng bị giới hạn ở mức 630°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là từ 600°C đến 550°C.

Nhiệt độ cuộn: 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C (từ 400°C đến 599°C)

Khi nhiệt độ cuộn là 600°C hoặc lớn hơn, vi cấu trúc bị hóa thô và có thể không có được kích cỡ hạt mong muốn và phần trăm diện tích theo yêu cầu của ferit hầu như là đa giác. Khi nhiệt độ cuộn là nhỏ hơn 400°C, tấm thép chứa một lượng lớn bainit và có độ bền được tăng lên, độ dai ở nhiệt độ thấp bị suy giảm và tính chống chịu HIC bị suy giảm. Như vậy, nhiệt độ cuộn bị giới hạn ở mức 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C (từ 400°C đến 599°C), tốt hơn là từ 550°C đến 450°C.

Trên dải thép cán nóng thu được từ quá trình cán nóng, quá trình làm nguội và cuộn, phần trăm diện tích của ferit mịn hầu như là đa giác có kích cỡ hạt đo là 10 μm hoặc nhỏ hơn là 90% hoặc lớn hơn, phần còn lại là peclit, hầu như là peclit, xementit, bainit và/hoặc mactensit. Dải thép cán nóng được sử dụng như là thép nền để sản xuất ống thép bao gồm phần thép nền có độ bền cao được biểu thị theo giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn, độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt được biểu thị theo năng lượng hấp thụ sự va đập Charpy vE₅₀ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ thử nghiệm là -50°C và tính chống chịu HIC ưu việt được biểu thị theo tỷ lệ diện tích bị nứt CAR là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng trong dung dịch NACE A được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ.

Dải thép cán nóng sau đó được cắt theo chiều rộng được xác định từ trước và được cho trải qua bước tạo ống để tạo ống thép hàn điện trở có kích cỡ được xác định từ trước.

Bước tạo ống có thể là quá trình đã biết thông thường bất kỳ để sản xuất ống hàn điện trở trong các điều kiện bất kỳ, được tạo thành ống thép hàn điện trở có kích cỡ được xác định từ trước.

Tốt hơn là, ống thép hàn điện trở được tạo ra bằng cách tạo hình bằng cách cán liên tục dải thép cán nóng để tạo ra sản phẩm dạng ống tròn hầu như có mặt cắt ngang dạng hình tròn, nối đầu các đầu theo chu vi của sản phẩm dạng ống tròn, nung nóng các đầu theo chu vi đến ít nhất là điểm nung chảy bởi sự nung nóng điện trở cao tần hoặc nung nóng cảm ứng cao tần, ép các đầu theo chu vi bởi các con lăn ép và hàn mối nối bởi quá trình hàn điện trở.

Trong bước tạo hình bằng cách cán, rãnh dạng côn tốt hơn là được tạo ra bởi rãnh hình lá tản nhiệt tạo trên các mặt đầu của dải thép cán nóng theo hướng chiều rộng. Rãnh hình côn có thể thúc đẩy sự loại bỏ các oxit từ phần hàn điện trở và nhờ đó truyền độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt đến phần hàn điện trở. Khoảng cách theo hướng chiều dày dải thép ở giữa vị trí bắt đầu tạo hình côn của rãnh dạng côn ở các đầu theo hướng chiều rộng và bề mặt sẽ trở thành bề mặt ngoài của ống hoặc bề mặt sẽ trở thành bề mặt trong của ống tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2% đến 60% chiều dày của dải thép. Quá trình này có thể thúc đẩy sự loại bỏ các oxit và làm giảm tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở xấp xỉ là 10 phần triệu theo khối lượng. Dạng côn phía ngoài phạm vi này gây khó khăn cho việc loại bỏ các oxit và dẫn đến phần hàn điện trở có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Hình dạng của côn không bị giới hạn ở đường thẳng và có thể là đường cong.

Môi trường trong quá trình hàn điện trở trong bước tạo ống tốt hơn là được điều chỉnh sao cho áp suất riêng phần của oxy môi trường là bằng $900/f_{\text{oxy}}$ phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, trong đó f_{oxy} chỉ mức độ oxy hóa thép nóng chảy được xác định theo công thức (2),

$$f_{\text{oxy}} = \text{Mn} + 10(\text{Si} + \text{Cr}) + 100\text{Al} + 1000\text{Ca} \quad (2)$$

trong đó Mn, Si, Cr, Al và Ca chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng.

Việc hạ thấp áp suất riêng phần oxy môi trường trong quá trình hàn điện trở có thể làm giảm lượng các oxit thô trong phần hàn điện trở. Khi áp suất riêng phần của oxy môi trường trong phần hàn điện trở là $900/f_{\text{oxy}}$ phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn có thể được giảm xấp xỉ 20 phần triệu theo khối lượng.

Áp suất riêng phần của oxy môi trường trong phần hàn điện trở có thể được giảm bằng cách bịt kín phần hàn điện trở theo kết cấu hộp và cấp khí không oxy hóa đến phần hàn điện trở. Tuy nhiên, theo phương pháp này, việc cấp khí không oxy hóa có thể kèm theo áp suất môi trường và áp suất riêng phần của oxy môi trường trong

phần hàn điện trở có thể tăng lên. Nhằm tránh hiện tượng này, khí không oxy hóa tốt hơn là được cấp như là dòng chảy theo lớp qua vòi phun có kết cấu đa lớp như là kết cấu ba lớp. Sự tập trung oxy trong phần hàn điện trở tốt hơn là được đo bằng cách đưa đầu dò của thiết bị đo oxy đến gần với phần hàn điện trở.

Phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở sau bước tạo ống được cho trải qua quá trình xử lý nhiệt.

Độ dai ở nhiệt độ thấp của phần hàn điện trở phụ thuộc vào lượng các oxit trong phần hàn điện trở và phụ thuộc vào vi cấu trúc. Do đó, theo sáng chế, phần hàn điện trở tiếp theo trải qua quá trình xử lý nhiệt trên dây chuyền sản xuất. Trong quá trình xử lý nhiệt, phần hàn điện trở được nung nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1150°C trên toàn bộ chiều dày và sau đó được làm nguội đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng là 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây. Tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày. Phần hàn điện trở sau đó được làm nguội bằng không khí. Quá trình nung nóng phần hàn điện trở tốt hơn chủ yếu được thực hiện bởi thiết bị nung nóng cảm ứng trên dây chuyền sản xuất vì năng suất.

Nhiệt độ nung nóng của quá trình xử lý nhiệt: từ 800°C đến 1150°C

Khi nhiệt độ nung nóng là nhỏ hơn 800°C, vi cấu trúc của phần hàn điện trở bao gồm ferit đa giác thô và khó đảm bảo độ bền cao theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp lớn. Nhiệt độ nung nóng cao trên 1150°C dẫn đến việc tạo ferit thô hầu như là đa giác có kích cỡ hạt dα lớn hơn 10 μm, làm suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Như vậy, nhiệt độ nung nóng của quá trình xử lý nhiệt bị giới hạn nằm trong khoảng từ 800°C đến 1150°C, tốt hơn là 850°C đến 1100°C.

Tốc độ làm nguội trung bình sau khi nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt: từ 7°C/giây đến 49°C/giây

Khi tốc độ làm nguội trung bình là từ 780°C đến 630°C sau khi nung nóng là nhỏ hơn 7°C/giây, vi cấu trúc bao gồm ferit đa giác thô và khó đảm bảo độ bền cao theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp lớn. Khi tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn 49°C/giây, tốc độ này thúc đẩy quá trình tạo bainit và làm giảm phần trăm diện tích của ferit hầu như là đa giác to nhỏ hơn 90%, do đó dẫn đến khả năng làm tăng độ

bền, độ dai ở nhiệt độ thấp bị suy giảm và tính chống chịu HIC bị suy giảm. Như vậy, tốc độ làm nguội trung bình sau khi nung nóng bị giới hạn nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây là từ 780°C đến 630°C. Tốt hơn là, tốc độ làm nguội trung bình là 29°C/giây hoặc nhỏ hơn sao cho phần trăm của ferit hầu như là đa giác là 93% hoặc lớn hơn.

Trong quá trình làm nguội sau khi nung nóng phần hàn điện trở, mong muốn là, ngoại trừ đối với lớp bề mặt trên cùng, có chiều dày là 0,2mm, độ lệch từ tốc độ làm nguội ở phần giữa theo hướng chiều dày nằm trong phạm vi 5°C/giây ở vị trí chậm nhất và trong phạm vi 20°C/giây ở vị trí nhanh nhất. Điều này làm giảm các sự thay đổi về các đặc tính theo hướng chiều dày.

Nhiệt độ làm nguội cuối cùng: 630°C hoặc thấp hơn

Trong quá trình làm nguội sau khi nung nóng, khi nhiệt độ làm nguội cuối cùng lớn hơn 630°C, vi cấu trúc mịn theo yêu cầu có thể không được tạo ra và độ bền cao theo yêu cầu và độ dai ở nhiệt độ thấp lớn có thể không đạt được trong phần hàn điện trở. Như vậy, nhiệt độ làm nguội cuối cùng bị giới hạn ở mức 630°C hoặc thấp hơn, tốt hơn là từ 550°C đến 200°C.

Trong phần hàn điện trở trải qua quá trình xử lý nhiệt này, phần trăm diện tích của ferit mịn hầu như là đa giác có kích cỡ hạt dơ là 10 μm hoặc nhỏ hơn là 90% hoặc lớn hơn và phần còn lại là peclit, hầu như là peclit, xementit, bainit và/hoặc mactensit. Ống thép hàn điện trở thu được bao gồm phần hàn điện trở có độ bền cao được biểu thị theo giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn, độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt được biểu thị theo năng lượng hấp thụ sự va đập Charpy vE₅₀ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ thử nghiệm là -50°C và tính chống chịu HIC ưu việt được biểu thị theo tỷ lệ diện tích bị nứt CAR là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng trong dung dịch NACE A được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ.

Nhằm điều chỉnh quá trình làm nguội sau khi nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt của phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở thành dày có chiều dày lớn hơn 16mm và đảm bảo phần hàn điện trở có vi cấu trúc theo yêu cầu, cần phải kiểm tra lưu lượng dòng của dòng phun nước làm nguội và xác định phương pháp làm nguội và phương pháp điều chỉnh nhiệt độ.

Trong quá trình xử lý nhiệt theo sáng chế, ít nhất là hai đường của các đầu

làm nguội được bố trí theo hướng vận chuyển phía trên phần hàn điện trở. Các đầu làm nguội được lắp với vòi phun mà qua đó dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể phun ra với lưu lượng dòng nước là $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$ hoặc lớn hơn. Dòng nước làm nguội có hình dạng cần tốt hơn là phun ra từ vòi phun với tốc độ là 1 m/giây hoặc lớn hơn. Ít nhất là hai đường của các đầu làm nguội tốt hơn là được tạo kết cấu để điều chỉnh một cách độc lập quá trình phun nước làm nguội. Tốc độ làm nguội ở phần hàn điện trở được điều chỉnh đến tốc độ làm nguội đích bằng cách đo nhiệt độ của phần hàn điện trở về phía dòng ra theo hướng vận chuyển và thực hiện việc điều chỉnh đóng-ngắt việc phun nước làm nguội từ từng đầu làm nguội tương ứng với nhiệt độ của phần hàn điện trở. Giải pháp này có thể cải thiện việc điều chỉnh nhiệt độ, cho phép phần hàn điện trở được làm nguội một cách ổn định ở nhiệt độ 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây theo yêu cầu, tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày và cho phép vi cấu trúc theo yêu cầu được tạo ra một cách ổn định.

Khi lưu lượng dòng nước là nhỏ hơn $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$ hoặc ít hơn hai đường các vòi phun được bố trí theo hướng vận chuyển ống thép hoặc lưu lượng phun nước làm nguội là nhỏ hơn 1 m/giây , tốc độ làm nguội theo yêu cầu có thể không đạt được vì màng sôi, chẳng hạn. Ngoài lưu lượng dòng nước, để đảm bảo tốc độ làm nguội nhờ việc loại bỏ một cách nhanh chóng màng sôi, việc làm lệch các vòi phun hoặc lắp ráp các vòi phun đối nhau cũng có hiệu quả.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Tấm thép (thép) (chiều dày: 250mm) có hợp phần hóa học được thể hiện trên Bảng 1 được cho trải qua bước cán nóng bao gồm quá trình nung nóng, quá trình cán tinh, quá trình làm nguội sau quá trình cán tinh và cuộn trong các điều kiện được thể hiện trên Bảng 2 để sản xuất các dải thép cán nóng có chiều dày được thể hiện trên Bảng 2. Dải thép cán nóng được cắt thành tấm có chiều rộng được xác định từ trước bằng cách xẻ rãnh và được tạo tấm cán một cách liên tục theo bước tạo ống thông thường tạo sản phẩm dạng ống tròn hầu như có mặt cắt ngang dạng hình tròn. Ống thép hàn điện trở (có đường kính ngoài là 26 in (660, 4mm)) được tạo ra theo bước

tạo ống bao gồm việc nối đối đầu các đầu theo chu vi của sản phẩm dạng ống tròn, nung nóng các đầu theo chu vi đến ít nhất là điểm nung chảy bởi sự nung nóng điện trở cao tần, ép các đầu theo chu vi bởi các con lăn ép và thực hiện quá trình hàn điện trở. Không có rãnh hình côn được tạo ra trên các đầu của dải thép trong bước tạo hình bằng cách cán. Quá trình hàn điện trở được thực hiện trên không khí.

Sau bước tạo ống, phần hàn điện trở được cho trải qua quá trình xử lý nhiệt.

Trong quá trình xử lý nhiệt, phần hàn điện trở được cho trải qua các quá trình nung nóng và làm nguội trên dây chuyền sản xuất trong các điều kiện như được thể hiện trên Bảng 2. Thiết bị nung nóng cảm ứng cao tần trên dây chuyền sản xuất được sử dụng trong quá trình nung nóng. Quá trình làm nguội sau quá trình nung nóng được thực hiện với mười đường của các đầu làm nguội được bố trí phía trên phần hàn điện trở theo hướng vận chuyển của ống thép và được lắp với vòi phun mà qua đó dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể được phun ra với lưu lượng dòng nước là $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$. Các đầu làm nguội có thể thực hiện một cách độc lập quá trình điều chỉnh đóng-ngắt việc phun nước làm nguội. Dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể được phun ra qua vòi phun với tốc độ là 2 m/giây. Tốc độ làm nguội ở phần hàn điện trở được điều chỉnh bằng cách đo nhiệt độ của phần hàn điện trở về phía dòng ra trên ống thép hướng vận chuyển và thực hiện quá trình điều chỉnh đóng-ngắt việc phun nước làm nguội từ từng đầu làm nguội tương ứng với nhiệt độ của phần hàn điện trở.

Các mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở và được cho trải qua thử nghiệm chịu kéo, thử nghiệm va đập, thử nghiệm HIC và đo lường các tạp chất. các phương pháp thử nghiệm sẽ được mô tả ở phần dưới.

(A) Thử nghiệm chịu kéo

Các mẫu thử nghiệm JIS 12C theo JIS Z 2241 được lấy mẫu từ phần thép nền của ống thép hàn điện trở. Hướng kéo đối với phần thép nền là hướng theo đường tâm của ống. Các mẫu thử nghiệm JIS 1 theo JIS Z 2241 được lấy mẫu từ phần hàn điện trở của ống thép sao cho hướng kéo là hướng theo chu vi. Các đặc tính kéo (giới hạn chảy YS và độ bền chịu kéo TS) được đo theo thử nghiệm chịu kéo.

(B) Thử nghiệm sự va đập

Các mẫu thử nghiệm sự va đập Charpy dạng rãnh hình chữ V (có chiều dày là 10mm) được lấy mẫu theo hướng chu vi từ phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở theo tiêu chuẩn JIS Z 2242 sao cho rãnh dạng hình chữ V trong phần hàn điện trở trùng với phần giữa của phần hàn điện trở. Năng lượng được hấp thu $vE_{.50}$ của từng mẫu thử nghiệm được đo theo thử nghiệm va đập Charpy ở nhiệt độ là -50°C . Số lượng mẫu thử nghiệm được đo là ba.

(C) Thử nghiệm HIC

Nhúng các mẫu thử nghiệm (các kích thước: 10mm theo chiều dày x 20mm theo chiều rộng x 160mm theo chiều dài) được lấy mẫu từ phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở và được nhúng vào dung dịch NACE A (0,5% CH_3COOH + 5% NaCl + H_2S bão hòa) được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ. Sau khi nhúng, tỷ lệ diện tích bị nứt CAR của từng mẫu thử nghiệm được xác định bằng cách sử dụng phương pháp kiểm tra vết nứt siêu âm.

(D) Đo lượng các tạp chất

Các tấm mẫu (các kích thước: 2mm theo chiều rộng x chiều dày: chiều dày thành x chiều dài: chiều dày thành) được cắt từ giữa phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở và được cho trải qua sự chiết tách bằng điện trong dung dịch điện phân 10% AA. Sau khi sự chiết tách bằng điện, các tạp chất có kích cỡ là 2 μm hoặc lớn hơn được lấy ra bởi lưới lọc có kích cỡ lỗ là 2 μm và được cho trải qua sự nóng chảy kiềm. Các hàm lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr được đo dựa trên sự phân tích ICP. Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr được tính toán. Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được xem là lượng thô các tạp chất trong phần hàn điện trở. Bảng 3 thể hiện các kết quả.

Bảng 1

Chữ ký hiệu thép	Hợp phần hóa học (% khối lượng)													Chú thích	
	C	Si	Mn	P	S	Al	Nb	V	Ti	Ca	N	O	Các nguyên tố khác	P _{cm}	
A	0,037	0,16	0,87	0,005	0,0004	0,036	0,045	0,045	0,01	0,002	0,0035	0,0009	—	0,09	Ví dụ
B	0,045	0,17	1,01	0,004	0,0006	0,03	0,052	0,052	0,012	0,0019	0,0027	0,0012	Cu-0,19,Ni-0,16,Mo-0,19	0,13	Ví dụ
C	0,046	0,21	1,4	0,012	0,0005	0,032	0,056	0,062	0,015	0,0025	0,0036	0,0011	Cu-0,19,Ni-0,15	0,14	Ví dụ
D	0,052	0,21	1,62	0,012	0,0018	0,035	0,062	0,023	0,014	0,0018	0,0033	0,0014	Cu-0,28,Ni-0,21,Mo-0,14	0,17	Ví dụ
E	0,027	0,15	1,53	0,01	0,0015	0,041	0,047	0,035	0,011	0,0025	0,0039	0,0009	B-0,0007	0,12	Ví dụ
F	0,061	0,22	1,78	0,01	0,0016	0,037	0,058	0,024	0,016	0,0021	0,0037	0,0011	Cr-0,003	0,16	Ví dụ
G	0,024	0,27	1,44	0,014	0,0012	0,063	0,023	0,032	0,021	0,0002	0,0014	0,0018	—	0,11	Ví dụ so sánh
H	0,085	0,16	1,74	0,011	0,0008	0,026	0,014	0,012	0,016	0,0004	0,0031	0,0012	—	0,18	Ví dụ so sánh
I	0,055	0,05	1,52	0,016	0,0021	0,074	0,054	0,042	0,008	0,0007	0,003	0,0012	—	0,14	Ví dụ so sánh
J	0,042	0,36	1,58	0,005	0,0015	0,038	0,052	0,054	0,018	0,0018	0,0038	0,0044	—	0,14	Ví dụ so sánh
K	0,037	0,19	0,64	0,017	0,002	0,049	0,061	0,055	0,012	0,0021	0,0018	0,0007	—	0,08	Ví dụ so sánh
L	0,036	0,23	1,95	0,012	0,0008	0,021	0,025	0,014	0,017	0,0019	0,0033	0,0015	—	0,14	Ví dụ so sánh
M	0,042	0,27	1,23	0,021	0,0022	0,038	0,045	0,064	0,016	0,0026	0,0008	0,0015	—	0,12	Ví dụ so sánh
N	0,055	0,21	1,05	0,014	0,0032	0,035	0,003	0,015	0,014	0,0024	0,0026	0,0016	—	0,12	Ví dụ so sánh
O	0,071	0,19	1,28	0,018	0,0021	0,003	0,024	0,025	0,01	0,0011	0,0032	0,0011	—	0,14	Ví dụ so sánh
P	0,028	0,2	1,44	0,012	0,0025	0,123	0,024	0,043	0,008	0,0009	0,0039	0,0022	—	0,11	Ví dụ so sánh
Q	0,036	0,2	1,36	0,006	0,0021	0,046	—	0,042	0,002	0,0016	0,0042	0,0021	—	0,11	Ví dụ so sánh
R	0,061	0,24	1,48	0,011	0,0008	0,051	0,075	0,042	0,016	0,0032	0,0036	0,0025	—	0,15	Ví dụ so sánh
S	0,051	0,19	1,25	0,01	0,0004	0,026	0,014	—	0,022	0,0022	0,0039	0,0008	—	0,12	Ví dụ so sánh
T	0,071	0,21	0,87	0,012	0,0006	0,031	0,014	0,072	0,028	0,0034	0,0025	0,0016	—	0,13	Ví dụ so sánh
U	0,061	0,23	0,97	0,008	0,0007	0,041	0,054	0,012	—	0,0015	0,0014	0,0016	—	0,12	Ví dụ so sánh
V	0,064	0,2	0,95	0,009	0,0005	0,045	0,064	0,002	0,039	0,0008	0,0026	0,0018	—	0,12	Ví dụ so sánh
W	0,043	0,22	1,35	0,018	0,0009	0,024	0,047	0,005	0,023	—	0,0019	0,0006	—	0,12	Ví dụ so sánh
X	0,029	0,2	1,53	0,009	0,0021	0,042	0,042	0,018	0,031	0,0039	0,0039	0,0024	—	0,11	Ví dụ so sánh
Y	0,034	0,18	1,35	0,004	0,0018	0,064	0,056	0,045	0,024	0,0021	0,0056	0,0016	—	0,11	Ví dụ so sánh
Z	0,036	0,19	1,2	0,008	0,001	0,042	0,052	0,022	0,011	0,0048	0,0025	0,0034	—	0,1	Ví dụ so sánh
AA	0,072	0,23	1,75	0,008	0,0005	0,044	0,062	0,059	0,016	0,0015	0,0047	0,0023	Cu-0,25,Ni-0,25,Mo-0,25,Cr-0,15	0,21	Ví dụ so sánh

Các chữ số được gạch dưới chỉ ngoài phạm vi sáng chế

Bảng 2

Số thứ tự ống thép	Chỉ kỹ hiện thép	Được cầu nóng					Được tạo ống				Các kích thước ống thép		Xử lý nhiệt	
		Nhiệt độ nóng (°C)	Thời gian duy trì nhiệt nóng (phút)	Tốc độ giảm nhiệt độ của đầu đo (°C/phút)	Nhiệt độ của thành ống (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình sau cơn nóng** (°C/giây)	Nhiệt độ làm nguội cuối** (°C)	Chiều dài của ống (mm)	Nhiệt độ làm nguội cuối** (°C)	Chiều dài của ống (mm)	Đường kính ngoài (mm)	Phạm vi nhiệt độ nóng của phần làm nguội (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình sau cơn nóng (°C/giây)	Nhiệt độ làm nguội cuối (°C)
1	A	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
2	B	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
3	C	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
4	D	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
5	E	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
6	F	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
7	G	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
8	H	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
9	I	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
10	J	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
11	K	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
12	L	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
13	M	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
14	N	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
15	O	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
16	P	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
17	Q	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
18	R	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
19	S	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
20	T	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
21	U	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
22	V	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
23	W	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
24	X	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
25	Y	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
26	Z	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300
27	AA	1240	100	50	820	15	520	495	24	24	660,4	1050	20	300

Các chỉ được gạch dưới chỉ ngoại phạm vi sáng chế.

*) Phạm vi nhiệt độ chứa tại kết tinh

**) Tốc độ làm nguội trung bình ở các nhiệt độ phần giữa theo hướng chiều dài từ 780°C đến 630°C

***) Nhiệt độ phần giữa theo hướng chiều dài

****) Khoảng cách giữa vị trí bắt đầu tạo hình còn và bề mặt phía trên/Tổng chiều dài x 100%

Bảng 3

Số thứ tự công thức	Chữ ký hiện tiếp	Phân thép nền						Phân hàn điện trở						Tính chống chịu HIC		Chú thích	
		Cấu trúc			Các đặc tính chịu kéo			Độ dai			Tính chống chịu HIC						
		Kiểu cấu trúc mức thấp*	Phần trăm (%) theo diện tích)	Kích cỡ hạt (µm)	Các đặc tính chịu kéo	Độ dai vE -50 (J)	CAR (%)	Kiểu cấu trúc mức thấp*	Phần trăm QPF (% theo diện tích)	Kích cỡ hạt QPF (µm)	Các đặc tính chịu kéo	Độ dai vE -50 (J)	Tính chống chịu HIC (%)				
1	A	QPF+B+C	QPF-96	6,8	489	532	360	0	QPF+B+C	QPF-95	8,5	486	552	29	370	0	Ví dụ
2	B	QPF+B+C	QPF-94	5,9	496	540	380	0	QPF+B+C	QPF-93	6,8	490	555	24	385	0	Ví dụ
3	C	QPF+B+C	QPF-94	5,7	497	538	370	0	QPF+B+C	QPF-94	6,5	500	570	26	378	0	Ví dụ
4	D	QPF+B+C	QPF-93	3,6	603	652	312	3,8	QPF+B+C	QPF-93	4,2	593	680	32	315	2,6	Ví dụ
5	E	QPF+B+C	QPF-93	2,6	725	790	280	4,5	QPF+B+C	QPF-93	3,5	715	810	35	282	3,6	Ví dụ
6	F	QPF+B+C	QPF-93	3,1	610	662	292	4,7	QPF+B+C	QPF-93	4,4	603	687	39	300	3,5	Ví dụ
7	G	PF+P	PF-95	11,5	390	405	340	1,2	PF+P	PF-96	12,3	367	417	66	326	1,2	Ví dụ so sánh
8	H	QPF+B+C	QPF-76	4,5	659	717	135	5,9	QPF+B+C	QPF-76	4,9	623	708	42	128	6,5	Ví dụ so sánh
9	I	QPF+B+C	QPF-86	5,2	479	510	165	4,7	QPF+B+C	QPF-87	5,4	444	505	96	104	6,2	Ví dụ so sánh
10	J	QPF+B+C	QPF-91	4,6	512	560	170	4,9	QPF+B+C	QPF-93	4,9	480	545	128	69	8,7	Ví dụ so sánh
11	K	PF+P	PF-94	12,7	365	388	337	4,8	PF+P	PF-95	13,2	342	390	83	168	3,4	Ví dụ so sánh
12	L	B+M	B-78	3,8	669	716	125	7,8	B+M	B-77	4,2	629	715	82	119	7,6	Ví dụ so sánh
13	M	QPF+B+C	QPF-90	4,4	489	531	168	5,5	QPF+B+C	QPF-90	4,7	456	518	74	106	6,5	Ví dụ so sánh
14	N	QPF+B+C	QPF-93	4,1	467	509	134	11,4	QPF+B+C	QPF-93	4,5	444	505	72	76	23,9	Ví dụ so sánh
15	O	QPF+B+C	QPF-91	5,4	501	544	143	6,8	QPF+B+C	QPF-92	5,2	480	545	96	102	7,8	Ví dụ so sánh
16	P	QPF+B+C	QPF-92	4,1	436	476	125	6,9	QPF+B+C	QPF-93	4,2	410	466	108	76	10,4	Ví dụ so sánh
17	Q	PF+P	PF-96	10,5	370	408	310	4,3	PF+P	PF-96	11	450	524	68	289	3,2	Ví dụ so sánh
18	R	QPF+B+C	QPF-86	3,7	518	564	135	6,9	QPF+B+C	QPF-86	4,3	480	545	68	116	7	Ví dụ so sánh
19	S	PF+P	PF-95	10,2	380	418	343	0	PF+P	PF-95	10,4	360	432	64	324	1,2	Ví dụ so sánh
20	T	QPF+B+C	QPF-88	5,2	520	562	144	6,5	QPF+B+C	QPF-88	5,8	490	557	66	121	6	Ví dụ so sánh
21	U	PF+P	PF-93	12	390	450	280	0	PF+P	PF-92	12,7	371	431	66	245	1,1	Ví dụ so sánh
22	V	QPF+B+C	QPF-93	4,7	516	560	110	6,9	QPF+B+C	QPF-93	5,4	487	553	78	78	8,9	Ví dụ so sánh
23	W	QPF+B+C	QPF-96	5,3	490	533	148	5,4	QPF+B+C	QPF-96	5,8	482	525	75	116	7,9	Ví dụ so sánh
24	X	QPF+B+C	QPF-95	4,3	469	519	105	8,9	QPF+B+C	QPF-97	4,4	450	511	107	86	9,8	Ví dụ so sánh
25	Y	QPF+B+C	QPF-92	4,6	490	546	102	5,4	QPF+B+C	QPF-92	5	462	525	82	108	5,2	Ví dụ so sánh
26	Z	QPF+B+C	QPF-93	4,4	497	546	97	9,9	QPF+B+C	QPF-93	4,3	469	533	106	68	10,4	Ví dụ so sánh
27	AA	B+M	B-75	3,5	658	728	130	5,7	QPF+B+C	QPF-75	4,1	618	702	64	121	5,9	Ví dụ so sánh

Các chữ số được gạch dưới chỉ ngoài phạm vi sáng chế.

*) QPF: ferrit hầu như đa giác, PF: ferrit đa giác, B: bainit, P: perlit, QP: hầu như perlit, C: cementit, M: martensit

**) Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca, và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 µm hoặc lớn hơn (phần triệu theo khối lượng)

Phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở theo các ví dụ có vi cấu trúc trong đó ferit mịn hầu như là đa giác có kích cỡ hạt đo là 10 μm hoặc nhỏ hơn chiếm 90% theo diện tích hoặc lớn hơn. Phần thép nền và phần hàn điện trở có độ bền cao được biểu thị theo giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn, độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt được biểu thị theo năng lượng hấp thụ sự va đập Charpy vE₅₀ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ là -50°C và tính chống chịu HIC ưu việt được biểu thị theo tỷ lệ diện tích bị nứt CAR là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng trong dung dịch NACE A được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ. Phần còn lại khác với ferit hầu như là đa giác là peclit, hầu như peclit, xementit, bainit và mactensit chiếm nhỏ hơn 10% theo diện tích trên tổng diện tích.

Theo các ví dụ so sánh ngoài phạm vi của sáng chế, phần thép nền và phần hàn điện trở không có vi cấu trúc chủ yếu bao gồm ferit mịn hầu như là đa giác hoặc tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở làm tăng đến trên 89 phần triệu theo khối lượng. Như vậy, các ví dụ so sánh không có độ bền cao theo yêu cầu hoặc có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp hoặc sự suy giảm tính chống chịu HIC.

Theo các ví dụ so sánh trong đó hàm lượng bất kỳ của C, Mn, Nb, V và Ti là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế (các ống thép các số 7, 11, 17, 19 và 21), phần thép nền và phần hàn điện trở có vi cấu trúc đa giác ferit mềm hơn và giới hạn chảy thấp YS là dưới 400 MPa. Theo các ví dụ so sánh trong đó hàm lượng bất kỳ của C, Mn, Nb, V và Ti là cao hơn so với phạm vi của sáng chế (các ống thép các số 8, 12, 18, 20 và 22), phần thép nền và phần hàn điện trở có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Theo các ví dụ so sánh trong đó hàm lượng bất kỳ của Si, Al, Ca và O là ngoài phạm vi của sáng chế (các ống thép các số 9, 10, 15, 16, 24 và 26), tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở lớn hơn 89 phần triệu theo khối lượng và phần hàn điện trở có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC. Các ví dụ so sánh trong đó hàm lượng bất kỳ của P, S, Ca, N và Pcm là ngoài phạm vi của sáng chế (các ống thép các số 13, 14, 23, 24, 25 và 27) có độ dai ở nhiệt độ thấp bị suy giảm và tính chống chịu HIC bị suy giảm.

Ví dụ 2

Thép (các phôi tấm) các chữ ký hiệu từ A đến F được thể hiện trên Bảng 1 được sử dụng trong bước cán nóng trong các điều kiện được thể hiện trên Bảng 4 tạo các dải thép cán nóng có chiều dày được thể hiện trên Bảng 4. Các dải thép cán nóng được cắt theo chiều rộng được xác định từ trước bằng cách xẻ rãnh một cách liên tục tạo hình cán và được cho trải qua quá trình hàn điện trở trong bước tạo ống tạo thành các ống thép hàn điện trở có các kích thước được thể hiện trên Bảng 4. Trong bước tạo hình bằng cách cán của các ống thép, rãnh dạng côn có các kích thước được thể hiện trên Bảng 4 được tạo ra trên các đầu của dải thép theo hướng chiều rộng. Quá trình hàn điện trở được thực hiện trong không khí, ngoại trừ các ống thép. Trong các ống thép, khí không oxy hóa được thổi vào môi trường của quá trình hàn điện trở. Trong trường hợp này, các vòi phun thổi khí được bố trí theo ba lớp và áp suất riêng phần oxy được giảm xuống 45 phần triệu theo khối lượng.

Các phần hàn điện trở của các ống thép hàn điện trở được cho trải qua quá trình xử lý nhiệt bao gồm các quá trình nung nóng và làm nguội trong các điều kiện được thể hiện trên Bảng 4. Thiết bị nung nóng cảm ứng trên dây chuyền sản xuất được sử dụng trong quá trình nung nóng. Trong quá trình làm nguội, mười đường các đầu làm nguội được bố trí phía trên phần hàn điện trở theo hướng vận chuyển và được lắp với vòi phun mà qua đó dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể được phun ra với lưu lượng dòng nước là $2 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$. Dòng nước làm nguội có hình dạng cần được phun ra qua vòi phun với tốc độ là 2 m/giây hoặc lớn hơn. Các đầu làm nguội được tạo kết cấu để điều chỉnh một cách độc lập quá trình phun nước làm nguội. Tốc độ làm nguội ở phần hàn điện trở được điều chỉnh bằng cách đo nhiệt độ của phần hàn điện trở về phía dòng ra theo hướng vận chuyển và thực hiện quá trình điều chỉnh đóng-ngắt việc phun nước làm nguội từ từng đầu làm nguội tương ứng với nhiệt độ của phần hàn điện trở.

Theo cùng phương thức như trong Ví dụ 1, các mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ ống thép hàn điện trở và được cho trải qua thử nghiệm chịu kéo, thử nghiệm va đập, thử nghiệm HIC và đo lường các tạp chất. Các phương pháp thử nghiệm được mô tả trong Ví dụ 1. Bảng 5 thể hiện các kết quả.

Bảng 4

Ký hiệu ống thép	Ký hiệu thép	Bước cán nóng						Bước tạo ống				Kích thước ống thép		Xử lý nhiệt		Chú thích		
		Nhiệt độ nung nóng (°C)	Thời gian ủ tại nhiệt độ nung nóng (phút)	Mức độ giảm chiều dài do cán (%)*	Nhiệt độ cán nguội (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình sau quá trình cán nóng** (°C/phút)	Chiều dày lõi thép mm	Cán tạo ra rãnh***	Hàn điện tử		Đường kính ngoài (mm)	Phạm vi nhiệt độ nung nóng của phần hàn điện tử (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình sau quá trình nung nóng (°C/phút)					
									f oxy	900/ f oxy				Thải khí không oxy hóa				
A1	A	1240	120	45	820	17	570	—	Không khí	8.1	112	—	25.4	660.4	910~1060	19	300	Ví dụ
A2	A	1290	120	45	820	17	570	—	Không khí	8.1	112	—	25.4	660.4	910~1060	19	300	Ví dụ so sánh
A3	A	1180	120	45	820	17	590	—	Không khí	8.1	112	—	25.4	660.4	910~1060	19	300	Ví dụ so sánh
A4	A	1240	70	45	820	17	590	—	Không khí	8.1	112	—	25.4	660.4	910~1060	19	300	Ví dụ so sánh
A5	A	1240	120	15	820	17	590	—	Không khí	8.1	112	—	25.4	660.4	910~1060	19	300	Ví dụ so sánh
A6	B	1260	100	60	820	27	510	—	Không khí	7.6	118	—	16	660.4	920~1080	6	300	Ví dụ so sánh
A7	B	1250	100	60	820	27	510	—	Không khí	7.6	118	—	16	660.4	920~1080	14	300	Ví dụ
A8	B	1250	100	60	820	27	510	—	Không khí	7.6	118	—	16	660.4	920~1080	25	300	Ví dụ
A9	B	1250	100	60	820	27	510	—	Không khí	7.6	118	—	16	660.4	920~1080	46	300	Ví dụ
A10	B	1250	100	60	820	27	510	—	Không khí	7.6	118	—	16	660.4	920~1080	56	300	Ví dụ so sánh
A11	C	1220	110	25	820	26	570	—	Không khí	9.2	98	—	32	508	760~1050	28	300	Ví dụ so sánh
A12	C	1220	110	25	820	26	570	—	Không khí	9.2	98	—	32	508	810~1080	28	300	Ví dụ
A13	C	1220	110	25	820	26	570	Bề mặt bên ngoài: 10% + bề mặt bên trong 10%	Không khí	9.2	98	—	32	508	900~1120	28	300	Ví dụ
A14	C	1220	110	25	820	26	570		Không khí	9.2	98	—	32	508	900~1120	28	300	Ví dụ
A15	C	1220	110	25	820	26	570		Không khí	9.2	98	—	32	508	950~1160	28	300	Ví dụ so sánh
A16	D	1270	105	50	820	6	500	—	Không khí	9	100	—	22.5	609.6	890~1030	17	300	Ví dụ so sánh
A17	D	1270	105	50	820	13	500	—	Không khí	9	100	—	22.5	609.6	890~1030	17	300	Ví dụ
A18	D	1270	105	50	820	26	500	—	Không khí	9	100	—	22.5	609.6	890~1030	17	300	Ví dụ
A19	D	1270	105	50	820	45	500	—	Không khí	9	100	—	22.5	609.6	890~1030	17	300	Ví dụ
A20	D	1270	105	50	820	63	500	—	Không khí	9	100	—	22.5	609.6	890~1030	17	300	Ví dụ so sánh
A21	E	1240	95	40	820	13	615	—	Không khí	9.6	93	—	25.4	457.2	780~1060	12	300	Ví dụ so sánh
A22	E	1240	95	40	820	13	615	—	Không khí	9.6	93	—	25.4	457.2	820~1070	12	300	Ví dụ
A23	E	1240	95	40	820	13	615	—	Không khí	9.6	93	—	25.4	457.2	910~1110	12	300	Ví dụ
A24	E	1240	95	40	820	13	615	—	45	9.6	93	Với phần bìa lớp	25.4	457.2	910~1110	12	300	Ví dụ
A25	E	1240	95	40	820	13	615	—	Không khí	9.6	93	—	25.4	457.2	950~1160	12	300	Ví dụ so sánh
A26	F	1250	110	60	820	19	560	—	Không khí	9.8	92	—	20.6	660.4	900~1090	6	300	Ví dụ so sánh
A27	F	1250	110	60	820	19	560	—	Không khí	9.8	92	—	20.6	660.4	900~1090	27	300	Ví dụ
A28	F	1250	110	60	820	19	560	—	Không khí	9.8	92	—	20.6	660.4	900~1090	27	300****	Ví dụ
A29	F	1250	110	60	820	19	560	—	Không khí	9.8	92	—	20.6	660.4	900~1090	35	300	Ví dụ
A30	F	1250	110	60	820	19	560	—	Không khí	9.8	92	—	20.6	660.4	900~1090	53	300	Ví dụ so sánh

Các chữ số gạch dưới chỉ ngoài phạm vi của sáng chế.

*) Phạm vi nhiệt độ chưa tải kết tinh

**) Tốc độ làm nguội trung bình ở các nhiệt độ phần giữa theo hướng chiều dày trong phạm vi nhiệt độ từ 780°C đến 630°C

***) Nhiệt độ phần giữa theo hướng chiều dày

****) Khoảng cách giữa vị trí bắt đầu cán và bề mặt phía trên/Tổng chiều dày x 100%

*****) Chế độ tôi (450°C x 1 phút)

Bảng 5

Số thứ tự ống thép	Ký hiệu thép	Phân thép nền					Phân hàn điện trở					Chú thích				
		Cấu trúc thép			Độ dai	Tinh chống chịu HIC	Cấu trúc thép			Tổng lượng hợp kim trong các tạp chất (phần triệu) **	Độ dai		Tinh chống chịu HIC			
		Kiểu cấu trúc lõi thép*	Phân tích theo diện tích (%)	Kích cỡ hạt (µm)			Kiểu cấu trúc lõi thép*	Phân tích theo diện tích (%)	Kích cỡ hạt (µm)					Giới hạn chảy YS (MPa)	Độ bền chịu kéo TS (MPa)	
A1	A	QPF+B+C	QPF-95	6,6	490	533	0	QPF+B+C	QPF-95	8,3	486	552	30	369	0	Ví dụ
A2	A	QPF+B+C	QPF-93	10,8	483	538	2,6	QPF+B+C	QPF-94	9,6	476	534	47	287	2,4	Ví dụ so sánh
A3	A	QPF+B+C	QPF-93	7,8	387	437	5,6	QPF+B+C	QPF-94	9,2	389	438	57	356	5,6	Ví dụ so sánh
A4	A	QPF+B+C	QPF-93	6,8	427	489	5,9	QPF+B+C	QPF-93	8,8	429	489	44	246	5,6	Ví dụ so sánh
A5	A	QPF+B+C	QPF-92	12,4	436	492	2,5	QPF+B+C	QPF-92	9,8	435	479	43	190	2,4	Ví dụ so sánh
A6	B	QPF+B+C	QPF-94	5,4	501	550	0	PF+P	PF-93	12,4	387	440	43	147	1,5	Ví dụ so sánh
A7	B	QPF+B+C	QPF-94	5,4	501	550	0	QPF+B+C	QPF-94	7,8	488	555	28	379	0	Ví dụ
A8	B	QPF+B+C	QPF-94	5,4	501	550	0	QPF+B+C	QPF-93	6,6	498	566	26	387	0	Ví dụ
A9	B	QPF+B+C	QPF-94	5,4	501	550	0	QPF+B+C	QPF-93	6,3	512	582	38	256	1,1	Ví dụ
A10	B	QPF+B+C	QPF-94	5,4	501	550	0	B+M	B-88	5,9	578	657	44	123	6,3	Ví dụ so sánh
A11	C	QPF+B+C	QPF-93	5,4	489	533	0	PF+P	PF-94	10,4	393	442	45	143	1,7	Ví dụ so sánh
A12	C	QPF+B+C	QPF-93	5,4	489	533	0	QPF+B+C	QPF-94	5,9	498	560	34	366	0	Ví dụ
A13	C	QPF+B+C	QPF-93	5,4	489	533	0	QPF+B+C	QPF-93	6,4	505	576	29	375	0	Ví dụ
A14	C	QPF+B+C	QPF-93	5,4	489	533	0	QPF+B+C	QPF-93	6,3	506	569	19	412	0	Ví dụ
A15	C	QPF+B+C	QPF-93	5,4	489	533	0	QPF+B+C	QPF-87	12,3	561	630	45	87	6,5	Ví dụ so sánh
A16	D	PF+P	PF-93	10,8	395	489	1,25	QPF+B+C	QPF-94	5,4	547	615	45	245	4,7	Ví dụ so sánh
A17	D	QPF+B+C	QPF-93	5,2	589	640	3,6	QPF+B+C	QPF-93	4,9	565	635	36	314	3,2	Ví dụ
A18	D	QPF+B+C	QPF-93	3,7	610	663	3,5	QPF+B+C	QPF-93	4,7	595	682	34	308	2,9	Ví dụ
A19	D	QPF+B+C	QPF-91	3,5	623	677	245	QPF+B+C	QPF-93	4,5	594	667	34	285	4,2	Ví dụ
A20	D	B+M	B-78	3,2	656	725	5,9	QPF+B+C	QPF-91	4,2	605	680	42	178	4,8	Ví dụ so sánh
A21	E	QPF+B+C	QPF-93	3,4	720	780	265	PF+P	PF-95	10,6	389	437	45	115	6,8	Ví dụ so sánh
A22	E	QPF+B+C	QPF-93	3,4	720	780	265	QPF+B+C	QPF-93	3,2	712	800	38	289	3,6	Ví dụ
A23	E	QPF+B+C	QPF-93	3,4	720	780	265	QPF+B+C	QPF-93	3,7	706	806	37	268	3,9	Ví dụ
A24	E	QPF+B+C	QPF-93	3,4	720	780	265	QPF+B+C	QPF-93	3,7	706	806	17	468	1,2	Ví dụ
A25	E	QPF+B+C	QPF-93	3,4	720	780	265	QPF+B+C	QPF-88	12,8	714	802	44	89	8,6	Ví dụ so sánh
A26	F	QPF+B+C	QPF-93	3,3	623	672	285	PF+P	PF-93	10,3	394	489	45	135	6,4	Ví dụ so sánh
A27	F	QPF+B+C	QPF-93	3,3	623	672	285	QPF+B+C	QPF-93	4,6	594	669	38	300	3,7	Ví dụ
A28	F	QPF+B+C	QPF-93	3,3	623	672	285	QPF+B+C	QPF-93	4,6	587	661	38	302	3,6	Ví dụ
A29	F	QPF+B+C	QPF-93	3,3	623	672	285	QPF+B+C	QPF-91	4,3	605	680	42	245	4,2	Ví dụ
A30	F	QPF+B+C	QPF-93	3,3	623	672	285	QPF+B+C	QPF-77	4,1	656	737	42	105	7,4	Ví dụ so sánh

Các chữ số gạch dưới chỉ ngoài phạm vi sáng chế

*) QPF: ferrit hàn như đa giác, PF: ferrit đa giác, B: bainit, P: perlit, QP: bainit như perlit, C: cementit, M: martensit

**) Tổng lượng Si, Mn, Al, Ca, và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 µm hoặc lớn hơn (phần triệu theo khối lượng)

Phần thép nền và phần hàn điện trở theo các ví dụ có vi cấu trúc trong đó ferit mịn hầu như là đa giác có kích cỡ hạt đo là 10 μm hoặc nhỏ hơn chiếm 90% theo diện tích hoặc lớn hơn. Các ống thép hàn điện trở theo các ví dụ có độ bền cao được biểu thị theo giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn, độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt được biểu thị theo năng lượng hấp thụ sự va đập Charpy vE_{50} là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ là -50°C và tính chống chịu HIC ưu việt được biểu thị theo tỷ lệ diện tích bị nứt CAR là 5% hoặc nhỏ hơn sau khi nhúng trong dung dịch NACE A được chỉ ra trong NACE TM0284 trong 96 giờ. Phần còn lại khác với ferit hầu như là đa giác là peclit, hầu như peclit, xementit, bainit và mactensit chiếm nhỏ hơn 10% theo diện tích trên tổng diện tích.

Các ví dụ so sánh ngoài phạm vi của sáng chế không có độ bền cao theo yêu cầu hoặc có độ dai ở nhiệt độ thấp bị suy giảm hoặc tính chống chịu HIC bị suy giảm.

Theo ví dụ so sánh (ống thép số A2) trong đó nhiệt độ nung nóng của cán nóng là cao hơn so với phạm vi của sáng chế, ví dụ so sánh (ống thép số A5) trong đó mức độ giảm chiều dày do cán trong phạm vi nhiệt độ chưa kết tinh trong quá trình cán nóng là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế và ví dụ so sánh (ống thép số A16) trong đó tốc độ làm nguội sau khi cán nóng là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế, phần thép nền có vi cấu trúc thô và có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Theo ví dụ so sánh (ống thép số A3) trong đó nhiệt độ nung nóng của thép trên cán nóng là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế, ví dụ so sánh (ống thép số A4) trong đó thời gian duy trì quá trình nung nóng của thép trong quá trình cán nóng là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế và ví dụ so sánh (ống thép số A20) trong đó tốc độ làm nguội sau quá trình cán nóng là cao hơn so với phạm vi của sáng chế, phần thép nền có sự suy giảm tính chống chịu HIC.

Theo các ví dụ so sánh (các ống thép số A11 và số A21) trong đó nhiệt độ nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế và các ví dụ so sánh (các ống thép số A6 và số A26) trong đó tốc độ làm nguội sau quá trình nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt là thấp hơn so với phạm vi của sáng chế, phần hàn điện trở có vi cấu trúc thô và có sự suy giảm độ bền và sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Theo các ví dụ so sánh (các ống thép số A15 và số A25) trong đó nhiệt độ nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt là cao hơn so với phạm vi của sáng chế và

các ví dụ so sánh (các ống thép số A10 và số A30) trong đó tốc độ làm nguội sau khi nung nóng trong quá trình xử lý nhiệt là cao hơn so với phạm vi của sáng chế, phần hàn điện trở có vi cấu trúc là khác với vi cấu trúc theo mong muốn bao gồm ferit mịn hầu như là đa giác và có sự suy giảm độ dai ở nhiệt độ thấp và sự suy giảm tính chống chịu HIC.

Theo ví dụ (ống thép số A14) trong đó rãnh được tạo ra trên các đầu của dải thép theo hướng chiều rộng trên quá trình hàn điện trở và ví dụ (ống thép số A24) trong đó môi trường được điều chỉnh trong quá trình hàn điện trở, tổng lượng Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở chỉ là bằng 20 phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn và phần hàn điện trở cải thiện một cách đáng kể độ dai ở nhiệt độ thấp với vE_{50} là 400 J hoặc lớn hơn. Ví dụ (ống thép số A28) trong đó quá trình nung nóng và quá trình làm nguội theo quá trình tôi ở nhiệt độ là 450°C trong 1 phút trong quá trình xử lý nhiệt cũng có độ dai ở nhiệt độ thấp ưu việt và tính chống chịu HIC ưu việt.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu sự tạo vết nứt do hydro gây ra (Hydro induced Cracking – HIC) khác biệt ở chỗ là có:

hợp phần hóa học bao gồm, trên cơ sở phần trăm khối lượng:

C: từ 0,025% đến 0,084%, Si: từ 0,10% đến 0,30%,

Mn: từ 0,70% đến 1,80%, P: từ 0,001% đến 0,018%,

S: từ 0,0001% đến 0,0029%, Al: từ 0,01% đến 0,10%,

Nb: từ 0,001% đến 0,065%, V: từ 0,001% đến 0,065%,

Ti: từ 0,001% đến 0,033%, Ca: từ 0,0001% đến 0,0035%,

N: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, O: 0,0030% hoặc nhỏ hơn

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

trong đó Pcm được xác định theo công thức (1) là bằng 0,20 hoặc nhỏ hơn,

$$Pcm = C + Si/30 + Mn/20 + Cu/20 + Ni/60 + Cr/20 + Mo/15 + V/10 + 5B \quad (1)$$

trong đó C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V và B chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng,

vi cấu trúc bao gồm 90% theo diện tích hoặc lớn hơn là ferit hầu như là đa giác có kích cỡ hạt là 10 μ m hoặc nhỏ hơn trong từng phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép,

giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn,

và

năng lượng được hấp thu là vE_{50} là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ là -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy.

2. Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, hợp phần hóa học còn bao gồm B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

3. Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm 1 hoặc điểm 2, khác biệt ở chỗ, hợp phần hóa học còn bao gồm ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700% trên cơ sở phần trăm khối lượng.

4. Ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ

1 đến 3, khác biệt ở chỗ, tổng lượng của Si, Mn, Al, Ca và Cr trong các tạp chất có đường kính hình tròn tương đương là 2 μm hoặc lớn hơn được chứa trong phần hàn điện trở là 0,0089% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

5. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao có độ dai ở nhiệt độ thấp và tính chống chịu HIC bao gồm: bước cán nóng để sản xuất dải thép cán nóng từ thép bằng cách nung nóng, cán nóng, làm nguội và cuộn và bước tạo ống để tạo hình bằng cách cán liên tục dải thép cán nóng sau bước cán nóng để tạo ra sản phẩm dạng ống tròn có mặt cắt ngang về cơ bản là hình tròn và sau đó hàn đối đỉnh các đầu theo chu vi của sản phẩm dạng ống tròn nhờ quá trình hàn điện trở để tạo ống thép hàn điện trở, khác biệt ở chỗ là:

thép có hợp phần hóa học bao gồm C: từ 0,025% đến 0,084%, Si: từ 0,10% đến 0,30%, Mn: từ 0,70% đến 1,80%, P: từ 0,001% đến 0,018%, S: từ 0,0001% đến 0,0029%, Al: từ 0,01% đến 0,10%, Nb: từ 0,001% đến 0,065%, V: từ 0,001% đến 0,065%, Ti: từ 0,001% đến 0,033%, Ca: từ 0,0001% đến 0,0035%, N: bằng 0,0050% hoặc nhỏ hơn, O: bằng 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng,

và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, trong đó Pcm được xác định theo công thức (1) là bằng 0,20 hoặc nhỏ hơn,

$$\text{Pcm} = \text{C} + \text{Si}/30 + \text{Mn}/20 + \text{Cu}/20 + \text{Ni}/60 + \text{Cr}/20 + \text{Mo}/15 + \text{V}/10 + 5\text{B} \quad (1)$$

trong đó C, Si, Mn, Cu, Ni, Cr, Mo, V và B chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng,

bước cán nóng được thực hiện bằng cách nung nóng thép đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C, duy trì nhiệt độ này trong 90 phút hoặc lâu hơn, cán nóng thép với mức giảm chiều dày qua bước cán nóng là 20% hoặc lớn hơn trong vùng auxtenit chưa tái kết tinh, sau khi kết thúc quá trình cán nóng là quá trình làm nguội thép đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng ở 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây, tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày, và cuộn thép ở nhiệt độ cuộn là 400°C hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 600°C,

bước tạo ống được theo sau bởi quá trình xử lý nhiệt bao gồm quá trình nung nóng phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở trên dây chuyền sản xuất sao cho phần hàn điện trở có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800°C đến 1150°C trên toàn bộ

chiều dày thành, sau đó là quá trình làm nguội phần hàn điện trở đến nhiệt độ làm nguội cuối cùng ở 630°C hoặc thấp hơn với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 7°C/giây đến 49°C/giây, tốc độ làm nguội là tốc độ làm nguội trung bình ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 780°C đến 630°C ở phần giữa theo hướng chiều dày và sau đó cho phép phần hàn điện trở được làm nguội bằng không khí,

và

phần thép nền và phần hàn điện trở của ống thép hàn điện trở có giới hạn chảy YS là 400 MPa hoặc lớn hơn và năng lượng được hấp thu vE₅₀ là 150 J hoặc lớn hơn ở nhiệt độ -50°C theo thử nghiệm va đập Charpy.

6. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm 5, khác biệt ở chỗ, khi rãnh dạng côn được tạo ra trên các mặt đầu của dải thép cán nóng theo hướng chiều rộng bởi rãnh hình lá tản nhiệt mà tạo ra trong quá trình tạo hình bằng cách cán trong bước tạo ống, khoảng cách giữa vị trí bắt đầu tạo hình côn của rãnh dạng côn và bề mặt mà sẽ trở thành bề mặt ngoài của ống hoặc bề mặt mà sẽ trở thành bề mặt trong của ống theo hướng chiều dày dải thép nằm trong khoảng từ 2% đến 60% chiều dày dải thép cán nóng.

7. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm 5 hoặc điểm 6, khác biệt ở chỗ, áp suất riêng phần của oxy môi trường trong quá trình hàn điện trở trong bước tạo ống được điều chỉnh ở $900/f_{\text{oxy}}$ phần triệu theo khối lượng hoặc nhỏ hơn, trong đó f_{oxy} thể hiện mức độ oxy hóa thép nóng chảy được xác định bởi công thức (2) dưới đây,

$$f_{\text{oxy}} = \text{Mn} + 10(\text{Si} + \text{Cr}) + 100\text{Al} + 1000\text{Ca} \quad (2)$$

trong đó Mn, Si, Cr, Al và Ca chỉ các lượng (% khối lượng) của các nguyên tố tương ứng.

8. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 7, khác biệt ở chỗ, hợp phần hóa học của thép còn bao gồm B: 0,0030% hoặc nhỏ hơn trên cơ sở phần trăm khối lượng.

9. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 8, khác biệt ở chỗ, hợp phần hóa học còn bao gồm ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ Cu: từ 0,001% đến 0,350%, Ni: từ 0,001% đến 0,350%, Mo: từ 0,001% đến 0,350% và Cr: từ 0,001% đến 0,700% trên cơ sở phần

trăm khối lượng.

10. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 5 đến 9, khác biệt ở chỗ, việc làm nguội trong quá trình xử lý nhiệt bao gồm việc lắp ráp ít nhất là hai đường các đầu làm nguội theo hướng vận chuyển phía trên phần hàn điện trở, các đầu làm nguội được lắp với vòi phun mà qua đó dòng nước làm nguội có hình dạng cần có thể được phun ra với lưu lượng dòng nước là $1 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{phút}$ hoặc lớn hơn và phun dòng nước làm nguội có hình dạng cần qua vòi phun với tốc độ là 1 m/giây hoặc lớn hơn.

11. Phương pháp sản xuất ống thép hàn điện trở thành dày độ bền cao theo điểm 10, khác biệt ở chỗ, các đầu làm nguội được tạo kết cấu để điều chỉnh một cách độc lập quá trình phun nước làm nguội.

FIG. 1

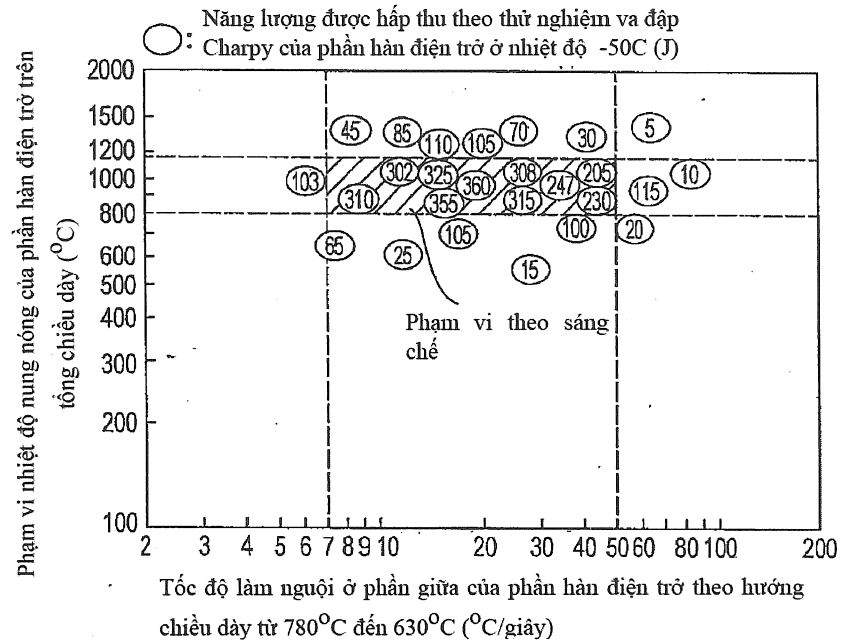


FIG. 2

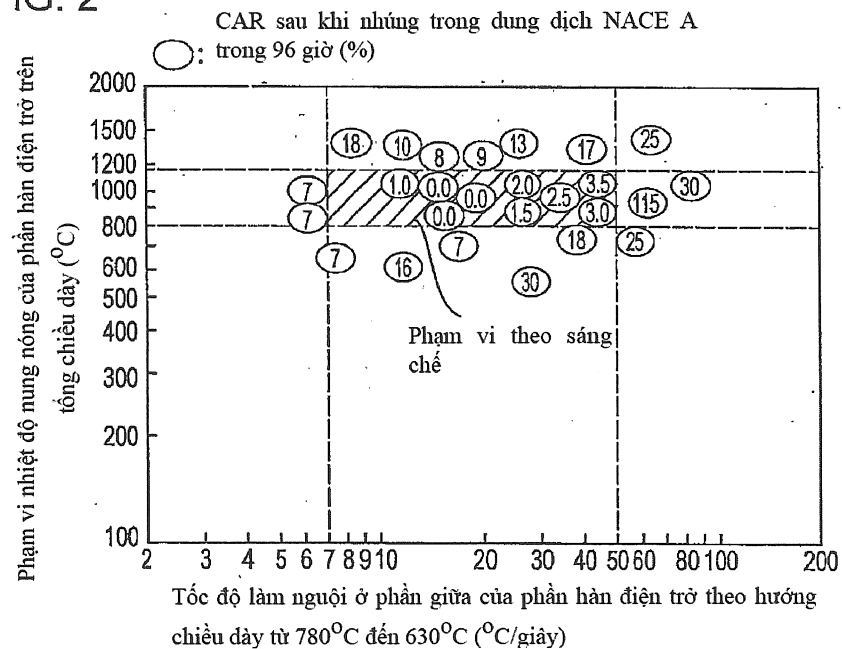


FIG. 3

