



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

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

(11)



1-0051061

(51)^{2022.01} C22C 38/04; C21D 8/02; C21D 9/46; (13) B
C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/38;
C21D 6/00; C22C 38/12; C22C 38/14;
C22C 38/22; C22C 38/32; C22C 38/06

(21) 1-2022-07445

(22) 12/07/2021

(86) PCT/IB2021/056243 12/07/2021

(87) WO2022/018567 27/01/2022

(30) PCT/IB2020/057000 24/07/2020 IB

(45) 25/09/2025 450

(43) 25/05/2023 422A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 Luxembourg, LUXEMBOURG

(72) PERLADE, Astrid (FR); ZHU, Kangying (CN); KEGEL, Frédéric (FR).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

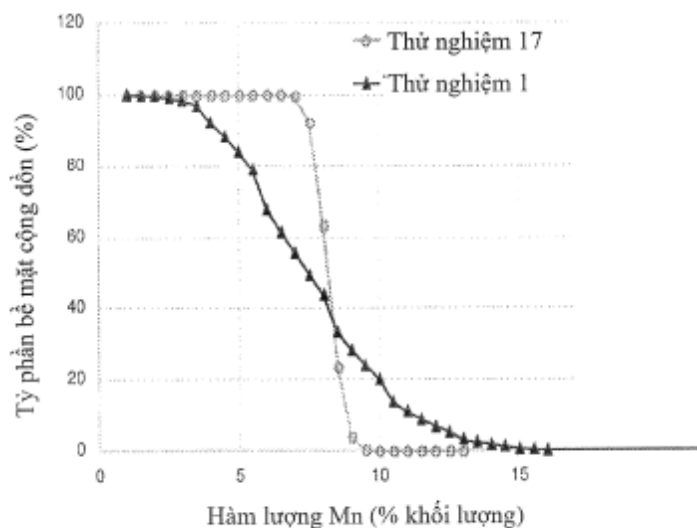
(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI VÀ Ủ, VÀ MỐI HÀN ĐIỂM ĐIỆN TRỞ

(21) 1-2022-07445

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội và ủ, được sản xuất từ thép có thành phần bao gồm, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng: C: 0,03 - 0,18%; Mn: 6,0 - 11,0%; Al: 0,2 - 3%; Mo: 0,05 - 0,5%; B: 0,0005 - 0,005%; S $\leq$ 0,010%; P $\leq$ 0,020%; N $\leq$ 0,008% và tùy ý còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố sau đây, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng: Si $\leq$ 1,20% Ti $\leq$ 0,050%; Nb $\leq$ 0,050% Cr $\leq$ 0,5% V $\leq$ 0,2%, phần còn lại của thành phần thép này là sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình tinh luyện, tấm thép này có cấu trúc tế vi bao gồm, tính theo tỷ phần bề mặt, từ 25% đến 55% là austenit dư, từ 45% đến 75% là ferit, ít hơn 5% là mactensit mới, hàm lượng cacbon $[C]_A$ và mangan $[Mn]_A$ trong austenit, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn điều kiện giá trị biểu thức $([C]_A \times [Mn]^2_A) / (C\% \times Mn\%)$ nằm trong khoảng từ 19,0% đến 41,0% khối lượng, trong đó C% và Mn% là các giá trị danh định của cacbon và mangan tính theo tỷ lệ % khối lượng, mật độ carbua nhỏ hơn $3 \times 10^6 / \text{mm}^2$ và sự tái phân hóa không đồng đều của mangan đặc trưng ở chỗ đường phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -30.

Sáng chế cũng đề cập đến mối hàn điểm điện trở nối hai chi tiết làm từ tấm thép cán nguội và ủ nêu trên.

FIG.2



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép có độ bền cao cùng khả năng chịu hàn tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để sản xuất các sản phẩm khác nhau như chi tiết của các bộ phận kết cấu thân và các tấm thân xe ô tô, người ta thường dùng các tấm thép hai pha (Dual Phase, DP) hoặc thép dẻo do chuyển pha (Transformation Induced Plasticity, TRIP).

Một trong những thách thức chính trong ngành công nghiệp ô tô là làm giảm khối lượng các loại xe cộ để cải thiện hiệu suất tiêu thụ nhiên liệu của chúng nhằm bảo tồn môi trường toàn cầu, mà không bỏ qua các yêu cầu về an toàn. Để đáp ứng điều này, ngành công nghiệp sản xuất thép đã liên tục phát triển các loại thép mới có độ bền cao, để tạo ra các tấm thép có giới hạn chảy và độ bền kéo được cải thiện, và độ dai và khả năng tạo hình tốt.

Một trong các hướng phát triển nhằm cải thiện đặc tính cơ học là làm tăng hàm lượng mangan trong thép. Sự có mặt của mangan giúp làm tăng độ dai của thép nhờ tác dụng làm ổn định austenit. Nhưng những loại thép như vậy có nhược điểm là độ giòn kém. Để khắc phục nhược điểm này, người ta thường bổ sung các nguyên tố như bo. Thép được bổ sung bo này rất dai ở giai đoạn cán nóng nhưng dải thép nóng thu được rất khó được gia công tiếp. Cách hiệu quả nhất để làm mềm dải thép nóng này là ủ theo mẻ, nhưng nó sẽ làm mất độ dai.

Ngoài các yêu cầu về đặc tính cơ học nêu trên, các tấm thép như vậy cần phải có độ bền tốt chống lại hiện tượng hóa giòn khi tiếp xúc với kim loại lỏng (liquid metal embrittlement, LME). Các tấm thép mạ kẽm hoặc hợp kim kẽm rất có hiệu quả trong việc chống ăn mòn và do vậy được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp ô tô. Tuy nhiên, đã thấy rằng khi hàn hồ quang hoặc hàn điện trở một số loại thép nhất định có thể xuất hiện các vết nứt do hiện tượng được gọi là hóa giòn khi tiếp xúc với kim loại lỏng (LME) hoặc vết nứt gây ra bởi kim loại lỏng (Liquid Metal Assisted Cracking, LMAC). Hiện tượng này có đặc trưng là Zn lỏng thẩm thấu dọc theo đường biên hạt của nền thép

bên dưới, dưới ứng suất tác dụng hoặc ứng suất bên trong do sự kiểm chế, sự giãn nở nhiệt hoặc quá trình chuyển pha. Đã biết rằng việc bổ sung các nguyên tố như cacbon hoặc silic sẽ gây bất lợi cho độ bền chống LME.

Ngành công nghiệp ô tô thường đánh giá độ bền như vậy bằng cách giới hạn giá trị trên của cái gọi là chỉ số LME được tính theo biểu thức sau đây:

$$\text{Chỉ số LME} = \%C + \%Si/4,$$

trong đó %C và %Si lần lượt là tỷ lệ phần trăm khối lượng của cacbon và silic trong tấm thép.

Công bố đơn quốc tế WO2020/011638 đề cập đến phương pháp sản xuất thép cán nguội chứa hàm lượng mangan ở mức trung bình (Mn từ 3,5% đến 12%) và hàm lượng cacbon giảm. Hai cách tiến hành phương pháp được mô tả. Cách thứ nhất chỉ bao gồm một bước ủ tấm thép cán nguội trong vùng tới hạn. Cách thứ hai bao gồm hai bước ủ tấm thép cán nguội, bước thứ nhất là ủ đến austenit hoàn toàn, bước thứ hai là ủ trong vùng tới hạn. Nhờ việc lựa chọn nhiệt độ ủ như vậy, đã thu được sự cân bằng tốt giữa độ bền kéo và độ giãn dài. Bằng cách hạ thấp nhiệt độ ủ, đã thu được pha giàu austenit, dẫn tới giá trị biến dạng độ dày vết gãy (fracture thickness strain) tốt. Nhưng hàm lượng thấp của cacbon và mangan được sử dụng đã giới hạn độ bền kéo của tấm thép này ở các giá trị không lớn hơn 980MPa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là giải quyết vấn đề nêu trên và đề xuất tấm thép cán nguội và ủ có các đặc tính cơ học cao kết hợp với độ bền kéo TS (tensile strength) lớn hơn hoặc bằng 950 MPa, độ giãn đồng đều UE (uniform elongation) lớn hơn hoặc bằng 12,0%, độ giãn dài tổng TE (total elongation) lớn hơn hoặc bằng 15%, và trong đó các giá trị YS, UE, TS và TE thỏa mãn điều kiện $(YS \times UE + TS \times TE) / (C\% \times Mn\%) > 34.000$, trong đó độ giãn dài tổng TE của tấm thép tính theo tỷ lệ %, độ bền kéo TS tính theo MPa, giới hạn chảy YS (yield strength) tính theo MPa, độ giãn đồng đều UE tính theo tỷ lệ %, C% và Mn% là tỷ lệ % khối lượng danh định của C và Mn trong thép.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế có giới hạn chảy lớn hơn hoặc bằng 780 MPa.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế có chỉ số LME nhỏ hơn 0,36.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế có đương lượng cacbon C_{eq} nhỏ hơn 0,4, trong đó đương lượng cacbon này được xác định theo công thức:

$$C_{eq} = C\% + Si\%/55 + Cr\%/20 + Mn\%/19 - Al\%/18 + 2,2P\% - 3,24B\% - 0,133 * Mn\% * Mo\%$$

trong đó các nguyên tố được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Tốt hơn nếu mỗi hàn điểm điện trở nối hai chi tiết làm từ tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế có giá trị α bằng ít nhất 30 daN/mm².

Mục đích của sáng chế đạt được bằng cách đề xuất tấm thép theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Tấm thép này cũng có thể bao gồm các đặc điểm bất kỳ trong số các đặc điểm theo các điểm yêu cầu bảo hộ từ 2 đến 8, ở dạng riêng lẻ hoặc kết hợp.

Một mục đích nữa của sáng chế là đề xuất mỗi hàn điểm điện trở nối hai chi tiết thép theo điểm 9 yêu cầu bảo hộ.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết và được minh họa bằng các ví dụ không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Theo sáng chế, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,03% đến 0,18% để đảm bảo độ bền yêu cầu và khả năng chịu hàn tốt. Nếu hàm lượng cacbon lớn hơn 0,18%, thì khả năng chịu hàn của tấm thép và độ bền chống LME có thể bị suy giảm. Nhiệt độ của bước ngâm nhiệt (soaking) phụ thuộc vào hàm lượng cacbon: hàm lượng cacbon càng cao, thì nhiệt độ bước ngâm nhiệt càng cần phải thấp để ổn định austenit. Nếu hàm lượng cacbon thấp hơn 0,03%, thì tỷ phần austenit không được làm ổn định tới mức đủ để thu được, sau khi ngâm nhiệt, độ bền kéo và độ giãn mong muốn. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng cacbon này nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,15%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên khác của sáng chế, hàm lượng cacbon này nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,12%.

Hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 6,0% đến 11,0%. Nếu hàm lượng Mn lớn hơn 11,0%, khả năng chịu hàn của tấm thép có thể bị suy giảm, và công suất lắp ráp các chi tiết có thể bị suy giảm. Ngoài ra, nguy cơ thiên tích ở vùng trung tâm sẽ tăng lên, gây tổn hại đến các đặc tính cơ học. Do nhiệt độ của bước ngâm nhiệt cũng phụ thuộc vào hàm lượng mangan, nên hàm lượng mangan tối thiểu được xác định để ổn định

austenit, nhằm thu được, sau khi ngâm nhiệt, cấu trúc tế vi và độ bền mục tiêu. Tốt hơn nếu hàm lượng mangan này nằm trong khoảng từ 6,0% đến 9%.

Theo sáng chế, hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,2% đến 3% để làm giảm sự thiên tích mangan trong công đoạn đúc. Nhôm là nguyên tố rất có hiệu quả trong việc khử oxy trong thép ở pha lỏng trong quá trình luyện. Nếu hàm lượng Al lớn hơn 3%, thì khả năng chịu hàn của tấm thép có thể bị suy giảm, cũng như khả năng đúc. Hơn nữa, khó có thể đạt được độ bền kéo lớn hơn 980 MPa. Ngoài ra, hàm lượng nhôm càng cao, thì nhiệt độ ngâm nhiệt cũng càng cần phải cao để ổn định austenit. Nhôm được bổ sung ít nhất 0,2% để cải thiện độ chắc chắn của sản phẩm bằng cách mở rộng phạm vi vùng tới hạn, và để cải thiện khả năng chịu hàn. Ngoài ra, nhôm được bổ sung để tránh sự xuất hiện của các thể vùi và các vấn đề do oxy hóa. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng nhôm này nằm trong khoảng từ 0,7% đến 2,2%.

Hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% để làm giảm sự thiên tích mangan trong công đoạn đúc. Ngoài ra, cần bổ sung ít nhất 0,05% molypden để thu được độ bền giòn. Việc bổ sung trên 0,5% molypden là tốn kém và không hiệu quả để đạt được các đặc tính yêu cầu. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng molypden nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,3%.

Theo sáng chế, hàm lượng bo nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,005% để cải thiện độ dai của tấm thép cán nóng và khả năng chịu hàn điểm của tấm thép cán nguội. Khi hàm lượng bo lớn hơn 0,005%, thì sự tạo thành carbua bo ở đường biên hạt austenit sớm được thúc đẩy, làm cho thép trở nên giòn hơn. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng bo nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,003%.

Tùy ý, một số nguyên tố khác có thể được bổ sung vào thành phần của thép theo sáng chế.

Hàm lượng tối đa silic bổ sung được hạn chế ở mức 1,20% để cải thiện độ bền chống LME. Ngoài ra, hàm lượng silic thấp có thể giúp đơn giản hóa quy trình bằng cách bỏ qua bước tẩy rửa tấm thép cán nóng trước khi ủ dải nóng. Tốt hơn nếu hàm lượng tối đa silic được bổ sung bằng 0,5%.

Titan có thể được bổ sung với lượng lên tới 0,050% để gia cường kết tụ. Tốt hơn nếu ít nhất 0,010% titan được bổ sung cùng với bo để bảo vệ bo chống tạo thành BN.

Niobi có thể tùy ý được bổ sung với lượng lên tới 0,050% để làm mịn các hạt austenit trong quá trình cán nóng và để gia cường kết tụ. Tốt hơn nếu lượng tối thiểu niobi được bổ sung bằng 0,010%.

Crom và vanadi có thể tùy ý được bổ sung với lượng lần lượt lên tới 0,5% và 0,2% để cải thiện độ bền.

Phần còn lại của thành phần thép này là sắt và các tạp chất tạo thành trong quá trình tinh luyện. Về mặt này, ít nhất P, S và N được coi là các nguyên tố dư và là các tạp chất không tránh khỏi. Hàm lượng của chúng nhỏ hơn hoặc bằng 0,010% đối với S, nhỏ hơn hoặc bằng 0,020% đối với P và nhỏ hơn hoặc bằng 0,008% đối với N.

Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Cấu trúc này bao gồm, tính theo tỷ phần bề mặt:

- từ 25% đến 55% là austenit dư,
- hàm lượng cacbon $[C]_A$ và mangan $[Mn]_A$ trong austenit, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn điều kiện giá trị biểu thức $([C]_A \times [Mn]^2_A) / (C\% \times Mn\%)$ nằm trong khoảng từ 19,0 đến 41,0% khối lượng, trong đó C% và Mn% là các giá trị danh định của cacbon và mangan tính theo tỷ lệ % khối lượng, và
- từ 45% đến 75% là ferit,
- ít hơn 5% là mactensit mới,
- mật độ carbua nhỏ hơn $3 \times 10^6 / \text{mm}^2$, và
- sự tái phân hóa không đồng đều của mangan đặc trưng ở chỗ đường phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -30.

Cấu trúc tế vi của tấm thép theo sáng chế bao gồm từ 25% đến 55% là austenit dư và tốt hơn nếu từ 30% đến 50% là austenit. Nếu tỷ phần austenit nhỏ hơn 25% hoặc lớn hơn 55%, thì độ giãn dài đồng đều UE và độ giãn dài tổng TE không thể đạt được các giá trị tối thiểu lần lượt bằng 12% và 15%.

Austenit như vậy được tạo ra trong quá trình ủ tấm thép cán nóng trong vùng tới hạn cũng như trong bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ hai tấm thép cán nguội trong vùng tới hạn. Trong quá trình ủ tấm thép cán nóng trong vùng tới hạn, các vùng chứa hàm lượng

mangan cao hơn giá trị danh định và các vùng chứa hàm lượng mangan thấp hơn giá trị danh định được hình thành, tạo ra sự phân bố mangan không đồng đều. Cacbon cùng tạo thiên tích với mangan. Mức độ không đồng đều này của mangan được đo bằng độ dốc của đường phân bố mangan trong tấm thép cán nóng, giá trị này phải lớn hơn hoặc bằng -30, như được thể hiện trên Fig.2 và sẽ được giải thích dưới đây.

Do sự tái phân hóa không đồng đều của mangan trong austenit sau bước ủ dài nóng và động học khuếch tán thấp của mangan trong austenit, nên mức độ không đồng đều của mangan được tạo thành trong quá trình ủ băng nóng vẫn còn tồn tại sau bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ hai tấm thép cán nguội trong vùng tới hạn. Điều này được thể hiện ở chỗ độ dốc của đường phân bố mangan trong cấu trúc tế vi lớn hơn hoặc bằng -30.

Hàm lượng cacbon $[C]_A$ và mangan $[Mn]_A$ trong austenit, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn điều kiện giá trị biểu thức $([C]_A \times [Mn]_A^2) / (C\% \times Mn\%)$ nằm trong khoảng từ 19,0 đến 41,0% khối lượng. Nếu giá trị này nhỏ hơn 19,0, thì austenit dư sẽ không đủ độ ổn định, dẫn đến làm giảm cả giới hạn chảy lẫn độ giãn dài do quá trình chuyển pha nhanh của austenit dư thành mactensit. Nếu giá trị này lớn hơn 41,0, thì austenit dư quá ổn định để có thể tạo ra hiệu ứng TRIP-TWIP đủ trong quá trình biến dạng. Hiệu ứng TRIP-TWIP như vậy được giải thích cụ thể trong tài liệu “Observation-of-the-TWIP-TRIP-Plasticity-Enhancement-Mechanism-in-Al-Added-6-Wt-Pct-Medium-Mn-Steel”, DOI: 10.1007/s11661-015-2854-z, The Minerals, Metals & Materials Society and ASM International 2015, p. 2356 Volume 46A, June 2015 (S. LEE, K. LEE, and B. C. DE COOMAN).

Cấu trúc tế vi của tấm thép theo sáng chế bao gồm từ 45% đến 75% là ferit, tốt hơn nếu từ 45% đến 70% là ferit. Ferit như vậy được tạo ra trong quá trình ủ tấm thép cán nóng trong vùng tới hạn cũng như trong bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ hai tấm thép cán nguội trong vùng tới hạn.

Mactensit mới có thể có mặt với lượng lên đến 5% tính theo tỷ phần bề mặt nhưng không phải là pha được mong muốn trong cấu trúc tế vi của tấm thép theo sáng chế. Nó có thể được tạo thành trong bước làm nguội cuối tới nhiệt độ phòng do quá trình chuyển pha austenit không ổn định. Thực vậy, austenit không ổn định với hàm lượng cacbon và mangan thấp này dẫn tới nhiệt độ bắt đầu mactensit hóa M_s cao hơn 20°C . Để thu được

các đặc tính cơ học cuối cùng, lượng mactensit mới này được hạn chế ở mức tối đa bằng 5%, tốt hơn nếu tối đa bằng 3% hoặc tốt hơn nữa nếu được giảm xuống đến 0%.

Cuối cùng, mật độ carbua cần phải được giữ ở mức nhỏ hơn $3 \times 10^6 / \text{mm}^2$ để đảm bảo giá trị chỉ số tổng hợp các đặc tính $[\text{YS} \times \text{UE} + \text{TS} \times \text{TE}] / (\text{C}\% \times \text{Mn}\%)$ lớn hơn 34.000. Các carbua như vậy có thể được tạo thành trong bước ủ thứ nhất sau khi cán nguội khi nhiệt độ T1 quá thấp.

Tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế có độ bền kéo TS lớn hơn hoặc bằng 950 MPa, độ giãn đồng đều UE lớn hơn hoặc bằng 12,0% và độ giãn dài tổng TE lớn hơn hoặc bằng 15%.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ này có giới hạn chảy YS lớn hơn hoặc bằng 780 MPa.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ này có chỉ số LME nhỏ hơn 0,36.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và ủ này có đương lượng cacbon Ceq nhỏ hơn 0,4% để cải thiện khả năng chịu hàn. Đương lượng cacbon được xác định theo biểu thức $\text{Ceq} = \text{C}\% + \text{Si}\% / 55 + \text{Cr}\% / 20 + \text{Mn}\% / 19 - \text{Al}\% / 18 + 2,2\text{P}\% - 3,24\text{B}\% - 0,133 \times \text{Mn}\% \times \text{Mo}\%$, trong đó các nguyên tố được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Có thể thu được cụm chi tiết hàn bằng cách tạo ra hai chi tiết từ các tấm thép cán nguội và ủ theo sáng chế, và sau đó tiến hành việc hàn điểm điện trở hai chi tiết thép này.

Mỗi hàn điểm điện trở nối chi tiết thép thứ nhất với chi tiết thép thứ hai này được đặc trưng bởi độ bền cao trong thử nghiệm độ bền kéo chéo được xác định bằng giá trị α bằng ít nhất 30 daN/mm^2 .

Tấm thép theo sáng chế có thể được sản xuất bằng phương pháp sản xuất thích hợp bất kỳ mà người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể xác định được. Tuy nhiên, ưu tiên sử dụng phương pháp theo sáng chế này, bao gồm các bước sau:

Chuẩn bị bán sản phẩm có thể được cán nóng thêm có thành phần thép như nêu trên. Bán sản phẩm này được nung nóng tới nhiệt độ từ 1150°C đến 1300°C , để có thể dễ dàng cán nóng, với nhiệt độ cán nóng cuối cùng FRT (final hot rolling temperature) nằm trong khoảng từ 800°C đến 1000°C . Tốt hơn nếu FRT nằm trong khoảng từ 850°C đến 950°C .

Tấm thép cán nóng này sau đó được làm nguội và được cuộn ở nhiệt độ T_{coil} nằm trong khoảng từ 20°C đến 650°C , và tốt hơn nếu từ 300 đến 500°C .

Tấm thép cán nóng này sau đó được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và có thể được tẩy gỉ.

Tấm thép cán nóng này sau đó được ủ tới nhiệt độ ủ T_{HBA} nằm trong khoảng từ T_{c1} đến 680°C . T_{c1} là nhiệt độ mà ở đó tất cả các carbua được hòa tan trong tấm cán nóng có phân bố mangan và cacbon danh định đồng nhất. T_{c1} cao hơn A_{c1} , vì T_{c1} là đường biên giữa vùng ba pha ferit/austenit/carbua và vùng hai pha ferit/austenit, nằm cao hơn nhiệt độ A_{c1} , còn A_{c1} là đường biên giữa vùng ferit/carbua và vùng ferit/austenit/các carbua. Tốt hơn nếu nhiệt độ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 580°C đến 680°C .

Tấm thép này được giữ ở nhiệt độ T_{HBA} trong thời gian lưu giữ t_{HBA} từ $0,1$ đến 120 giờ để thúc đẩy sự khuếch tán mangan. Ngoài ra, việc xử lý nhiệt tấm thép cán nóng này cũng cho phép làm giảm độ cứng trong khi vẫn duy trì độ dai của tấm thép cán nóng lớn hơn $0,4\text{J/mm}^2$.

Tấm thép cán nóng và nhiệt luyện này sau đó được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và có thể được tẩy gỉ để loại bỏ các thành phần bị oxy hóa.

Tấm thép cán nóng và nhiệt luyện này sau đó được cán nguội với hệ số giảm từ 20% đến 80% .

Tấm thép cán nguội này sau đó được đưa vào bước ủ thứ nhất ở nhiệt độ trong vùng tới hạn T_1 nằm trong khoảng từ T_{c2} đến T_{HBA} trong thời gian lưu giữ t_1 từ 1 đến 120 giờ. T_{c2} là nhiệt độ mà ở đó tất cả các carbua được hòa tan trong tấm cán nguội có phân bố cacbon và mangan không đồng đều. T_{c2} thường thấp hơn T_{c1} do sự có mặt của vùng giàu C và Mn. Nếu T_1 thấp hơn T_{c2} , thì sẽ còn lưu lại mật độ cao carbua không thể hòa tan được hoàn toàn trong bước ủ thứ hai. Cacbon và mangan bị giữ lại trong carbua này không thể tham gia vào sự tạo thành và ổn định austenit dư. Ngoài ra, nhiệt độ bước ủ thứ nhất cần phải thấp hơn T_{HBA} để làm giàu cacbon và mangan trong austenit. Do đó, sự có mặt của mật độ cao carbua sẽ làm giảm giá trị của chỉ số tổng hợp các đặc tính $[YS_{xUE} + TS_{xTE}]/(C\% \times Mn\%)$ xuống thấp hơn 34.000 .

Tốt hơn nếu nhiệt độ trong vùng tới hạn T1 nằm trong khoảng từ 500 đến 650°C và tốt hơn nữa nếu từ 540°C đến 630°C và thời gian ủ $t_{1\text{soak}}$ nằm trong khoảng từ 1 đến 30 giờ. Bước ủ thứ nhất như vậy có thể được thực hiện bằng cách ủ theo mẻ.

Tấm thép cán nguội này sau đó được đưa vào bước ủ thứ hai ở nhiệt độ trong vùng tới hạn T2 nằm trong thời gian lưu giữ t_2 từ 10 giây đến 1.000 giây.

Bước ủ thứ hai được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của bước ủ thứ nhất để làm tăng tỷ phần austenit được giữ lại và làm giảm hàm lượng cacbon và mangan trong austenit dư, để có được độ ổn định cơ học thích hợp của austenit nhằm đảm bảo kéo dài hiệu ứng TRIP-TWIP trong quá trình biến dạng.

Nhiệt độ trong vùng tới hạn T2 nằm trong khoảng từ 670°C đến 720°C. Bước ủ thứ hai như vậy có thể được thực hiện bằng cách ủ liên tục.

Tấm thép cán nguội và ủ này sau đó được làm nguội xuống dưới 80°C và tốt hơn nếu xuống tới nhiệt độ phòng. Khi làm nguội, tỷ phần austenit có hàm lượng mangan và cacbon thấp hơn có thể chuyển hóa thành mactensit mới.

Tấm thép này sau đó có thể được phủ bằng quy trình thích hợp bất kỳ, bao gồm phủ nhúng nóng, điện kết tủa hoặc phủ chân không bằng kẽm hoặc các hợp kim nền kẽm hoặc bằng nhôm hoặc các hợp kim nền nhôm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được minh họa bằng các ví dụ không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ba loại thép, có thành phần như được nêu trong Bảng 1, được đúc thành các bán sản phẩm và được gia công thành các tấm thép.

Thành phần các loại thép thử nghiệm này được tập hợp trong bảng dưới đây, trong đó hàm lượng các nguyên tố được tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Bảng 1: Thành phần thép thử nghiệm

Thép	C	Mn	Al	Mo	B	S	P	N	Si	Nb	Ti	Ceq	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)
A	0,090	9,53	1,69	0,32	0,002	0,002	0,010	0,003	0	0,031	0,015	0,11	550	845
B	0,152	7,72	0,94	0,22	0,003	0,002	0,012	0,003	0,02	0	0,018	0,30	560	820
C	0,050	8,00	1,03	0,31	0,003	0,001	0,004	0,002	0,04	0,035	0,015	0,08	560	835

Các nhiệt độ Ac1 và Ac3 được xác định bằng các thử nghiệm đo độ giãn nở trên tấm thép cán nguội và phân tích kim loại học.

Các sản phẩm thép, thu được sau khi đúc, được nung nóng ở 1.200°C, được cán nóng và sau đó được cuộn ở 450°C. Các tấm thép cán nóng và cuộn này sau đó được xử lý nhiệt ở nhiệt độ T_{HBA} và được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian lưu giữ t_{HBA} . Các điều kiện cụ thể sau đây được áp dụng để thu được các tấm thép cán nóng và nhiệt luyện:

Bảng 2: Các thông số quy trình tạo ra các tấm thép cán nóng và nhiệt luyện

Mẫu thử thực nghiệm	Thép	Cán nóng	Cuộn	Ủ dài nóng (HBA)	
		FRT (°C)	CT (°C)	T_{HBA} (°C)	t_{HBA} (h)
1	A	900	450	640	10
2	A	900	450	640	10
3	A	900	450	640	10
4	A	900	450	640	10
5	A	900	450	640	10
6	A	900	450	640	10
7	A	900	450	640	10
8	A	900	450	640	10
9	A	900	450	640	10
10	B	800	450	640	10

Mẫu thử thử nghiệm	Thép	Cán nóng	Cuộn	Ủ dải nóng (HBA)	
		FRT (°C)	CT (°C)	T _{HBA} (°C)	t _{HBA} (h)
11	B	800	450	640	10
12	B	800	450	640	10
13	B	800	450	640	10
14	B	800	450	640	10
15	B	800	450	640	10
16	B	850	450	640	10
<u>17</u>	C	900	450	-	-
<u>18</u>	C	900	450	-	-
<u>19</u>	C	900	450	-	-

Các tấm thép cán nóng và nhiệt luyện này được đưa đi phân tích, và kết quả thu được được trình bày trong Bảng 3.

Độ dốc của đường phân bố mangan được xác định.

Quá trình xử lý nhiệt tấm thép cán nóng cho phép mangan khuếch tán trong austenit: sự tái phân hóa mangan diễn ra không đồng đều tạo ra các vùng có hàm lượng mangan thấp và các vùng có hàm lượng mangan cao. Mức độ không đồng đều này của mangan giúp đạt được các đặc tính cơ học và có thể được xác định từ biên dạng của đường phân bố mangan.

Fig.1 là ảnh thể hiện mặt cắt từ tấm thép cán nóng và nhiệt luyện của mẫu thử nghiệm 17 và mẫu thử nghiệm 1. Vùng màu đen tương ứng với vùng có hàm lượng mangan thấp hơn, vùng màu xám tương ứng với vùng có hàm lượng mangan cao hơn.

Dụng đồ thị bằng phương pháp sau đây: mẫu thử được cắt từ thép cán nóng và nhiệt luyện ở mức $\frac{1}{4}$ độ dày và được đánh bóng.

Mặt cắt này sau đó được xác định đặc tính bằng thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử, với súng phát xạ trường (Field Emission Gun, FEG) có độ phóng đại lớn hơn 10.000x

để xác định hàm lượng mangan. Thu nhận ba bản đồ kích thước $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ từ các vùng khác nhau của mặt cắt. Các bản đồ này bao gồm các điểm ảnh $0,01\mu\text{m}^2$. Hàm lượng mangan tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng được tính toán cho mỗi điểm ảnh và sau đó được vẽ thành đường cong biểu diễn sự biến thiên của tỷ phần diện tích cộng dồn từ ba bản đồ theo hàm lượng mangan.

Đường cong như vậy được thể hiện trên Fig.2 đối với mẫu thử nghiệm 17 và mẫu thử nghiệm 1: 100% mặt cắt của tấm thép chứa nhiều hơn 1% mangan. Đối với mẫu thử nghiệm 1, 20% mặt cắt của tấm thép chứa nhiều hơn 10% mangan.

Độ dốc của đường cong thu được sau đó được tính giữa điểm biểu diễn 80% tỷ phần diện tích cộng dồn và điểm biểu diễn 20% tỷ phần diện tích cộng dồn.

Đối với mẫu thử nghiệm 1, độ dốc này lớn hơn -30, cho thấy sự tái phân hóa mangan diễn ra không đồng đều, tạo ra các vùng có hàm lượng mangan thấp và các vùng có hàm lượng mangan cao.

Trái lại, đối với mẫu thử nghiệm 17, việc không xử lý nhiệt sau khi cán nóng cho thấy sự tái phân hóa mangan tương đối đồng đều, điều này có thể thấy từ giá trị của độ dốc đường phân bố mangan nhỏ hơn -30.

Bảng 3: Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nóng và nhiệt luyện

Mẫu thử nghiệm	Độ dốc đường phân bố Mn
1	-13
2	-13
3	-13
4	-13
5	-13
6	-13
7	-13
8	-13

Mẫu thử nghiệm	Độ dốc đường phân bố Mn
9	-13
10	-25
11	-25
12	-25
13	-25
14	-25
15	-25
16	-25
<u>17</u>	<u>-68,5</u>
<u>18</u>	<u>-68,5</u>
<u>19</u>	<u>-68,5</u>

Các giá trị gạch chân: không đáp ứng các giá trị mục tiêu.

Tấm thép cán nóng và nhiệt luyện thu được sau đó được cán nguội. Tấm thép cán nguội này sau đó được ủ lần thứ nhất ở nhiệt độ T1 và được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian lưu giữ t1, trước khi được làm nguội xuống dưới 80°C. Tấm thép này sau đó được ủ lần thứ hai ở nhiệt độ T2 và được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian lưu giữ t2, trước khi được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Các điều kiện cụ thể sau đây được áp dụng để thu được các tấm thép cán nguội và ủ:

Bảng 4: Thông số quy trình tạo ra các tấm thép cán nguội và ủ

Mẫu thử thử nghiệm	Cán nguội (%)	Bước ủ thứ nhất		Bước ủ thứ hai	
		T1 (°C)	t1 (h)	T2 (°C)	t2 (s)
1	50	620	6	700	150
<u>2</u>	50	560	6	—	—
3	50	560	6	700	150
<u>4</u>	50	540	6	—	—
5	50	540	6	700	150
6	50	540	6	700	300
7	50	540	6	710	150
8	50	540	6	720	150
<u>9</u>	50	540	6	<u>730</u>	150
10	50	630	6	670	120
11	50	630	6	690	120
12	50	630	6	710	120
<u>13</u>	50	<u>600</u>	6	670	120
<u>14</u>	50	<u>600</u>	6	690	120
<u>15</u>	50	<u>600</u>	6	710	120
<u>16</u>	50	-	-	710	120
<u>17</u>	50	725	<u>0,17</u>	<u>550</u>	900
<u>18</u>	50	725	<u>0,17</u>	<u>520</u>	900
<u>19</u>	50	750	<u>0,10</u>	<u>550</u>	900

Các giá trị có gạch chân là các thông số không cho phép thu được các đặc tính
mục tiêu

Các tấm thép cán nguội và ủ này sau đó được phân tích, và các đặc tính cấu trúc tế vi, đặc tính cơ học và khả năng chịu hàn tương ứng được lần lượt trình bày trong các Bảng 5, 6 và 7.

Tỷ lệ phần trăm pha của các cấu trúc tế vi trong tấm thép cán nguội và ủ thu được sau bước ủ thứ hai được xác định.

$[C]_A$ và $[Mn]_A$ tương ứng với hàm lượng cacbon và mangan trong austenit, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng. Chúng được đo bằng thiết bị nhiễu xạ tia X để xác định hàm lượng cacbon và bằng thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử, với súng phát xạ trường để xác định hàm lượng mangan.

Tỷ phần bề mặt của các pha trong cấu trúc tế vi được xác định bằng phương pháp sau đây: mẫu thử được cắt từ tấm thép cán nguội và ủ, được đánh bóng và được tẩy thực bằng thuốc thử đã biết trong lĩnh vực này, để làm lộ ra cấu trúc tế vi. Sau đó, bề mặt mẫu được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét, ví dụ như kính hiển vi điện tử quét có súng phát xạ trường (Scanning Electron Microscope with Field Emission Gun, FEG-SEM) với độ phóng đại lớn hơn 5.000x, trong chế độ điện tử thứ cấp.

Việc xác định tỷ phần bề mặt ferit được thực hiện bằng cách quan sát dưới SEM sau khi khắc ăn mòn bằng thuốc thử Nital hoặc Picral/Nital.

Việc xác định tỷ phần thể tích austenit dư được thực hiện bằng thiết bị nhiễu xạ tia X.

Mật độ carbua được xác định bằng cách xem xét mặt cắt của tấm thép dưới kính hiển vi điện tử quét có súng phát xạ trường (FEG-SEM) và phân tích hình ảnh với độ phóng đại lớn hơn 15.000x.

Bảng 5: Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội và ủ

Mẫu thử thử nghiệm	Austenit đư (%)	Ferit (%)	Mactensit mới (%)	[C] _A (% khối lượng)	[Mn] _A (% khối lượng)	[C] _A x[Mn] ² _A / (C% ² xMn% ²) (%)	Mật độ carbua <3x10 ⁶ /mm ²	Độ dốc đường phân bố Mn sau bước ủ	
								thứ nhất	thứ hai
1	49	48	3	0,16	10,9	22,2	đạt	-11	-11,3
2	30	70	0	0,25	12,1	42,7	đạt	-12,5	-12,5
3	38	62	0	0,20	11,3	29,8	đạt	-12,5	-12,8
4	25	75	0	0,29	12,3	51,2	đạt	-12,8	-12,8
5	34	66	0	0,22	11,5	33,9	đạt	-12,8	-13,1
6	37	63	0	0,20	11,3	29,8	đạt	-12,8	-13,0
7	40	60	0	0,19	11,1	27,3	đạt	-12,8	-13,3
8	48	50	2	0,16	10,8	21,8	đạt	-12,8	-13,7
9	48	43	9	0,14	10,6	18,3	đạt	-12,8	-14,1
10	38	62	0	0,31	9,6	24,3	đạt	-23,5	-23,5
11	42	58	0	0,30	9,5	23,1	đạt	-23,5	-23,7
12	46	54	0	0,28	9,5	21,5	đạt	-23,5	-24,1
13	36	64	0	0,30	9,7	24,1	không đạt	-22,5	-22,5
14	44	56	0	0,25	9,3	18,4	không đạt	-22,5	-22,7
15	44	50	6	0,23	9,2	16,6	không đạt	-22,5	-23,2
16	55	40	5	0,22	9,2	15,9	đạt	nd	nd
17	19	35	0	0,15	8,6	27,4	đạt	-52	-50
18	16	35	0	0,17	8,7	32,2	đạt	-52	-51
19	18	20	0	0,15	8,8	29,0	đạt	-60	-55

Các giá trị gạch chân: không tương ứng với sáng chế, nd: không được xác định

Ngoài austenit dư và ferit, các mẫu thử nghiệm từ 17 đến 19 còn bao gồm mactensit phân hóa với lượng lần lượt bằng 46%, 49% và 62%.

Độ không đồng đều của phân bố mangan thu được sau bước ủ tấm thép cán nóng được duy trì tối đa sau cả hai bước ủ tấm thép cán nguội. Điều này có thể thấy từ việc so sánh độ dốc của đường phân bố mangan thu được sau bước ủ tấm thép cán nóng (trong Bảng 3) và độ dốc của đường phân bố mangan thu được sau bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ hai của tấm thép cán nguội này (Bảng 5).

Đặc tính cơ học của các tấm thép cán nguội và ủ thu được được xác định và tập hợp trong bảng dưới đây.

Giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài tổng TE và độ giãn đồng đều UE được xác định theo tiêu chuẩn ISO ISO 6892-1, phiên bản tháng 10 năm 2009.

Bảng 6: Các đặc tính cơ học của tấm thép cán nguội và ủ

Mẫu thử nghiệm	TS (MPa)	UE (%)	TE (%)	$(YS \times UE + TS \times TE) / (C\% \times Mn\%)$	YS (MPa)
1	1014	13,7	18,6	36589	914
2	1216	5,2	5,2	14745	1216
3	1093	12,1	15,9	34567	1014
4	1207	2,5	2,5	7036	1207
5	1104	12,9	16,7	36731	1013
6	1108	13,2	16,5	36628	995
7	1138	14,4	16,7	38376	966
8	1195	13,1	16,4	35725	843
9	1231	11,6	13,9	28768	652
10	959	25,0	27,1	41088	889
11	1010	27,2	29,4	45309	863

Mẫu thử nghiệm	TS (MPa)	UE (%)	TE (%)	$(YS \times UE + TS \times TE) / (C\% \times Mn\%)$	YS (MPa)
12	1092	24,8	28,3	42969	787
13	995	9,7	16,6	22086	969
14	1013	17,3	21,4	32288	937
15	1117	16,9	20,2	30592	789
16	1337	16,4	16,8	29107	713
17	1155	8,7	11,1	56085	1105
18	1157	9,9	12,1	62373	1106
19	1133	1,3	5,9	20358	1122

Các giá trị gạch chân: không đáp ứng các giá trị mục tiêu

Các mẫu thử nghiệm 2 và 4 không được đưa vào bước ủ thứ hai để làm giảm hàm lượng mangan và cacbon trong austenit. Do đó, austenit thu được quá ổn định sau bước ủ thứ nhất, dẫn đến độ giãn dài thấp.

Mẫu thử nghiệm 9 được đưa tới nhiệt độ ủ thứ hai T2 quá cao, dẫn đến sự tạo thành quá nhiều austenit, một phần của nó chuyển hóa thành mactensit mới khi làm nguội, dẫn đến làm giảm giới hạn chảy. Ngoài ra, austenit dư này cũng không đủ độ ổn định, dẫn đến làm giảm giới hạn chảy và độ giãn dài.

Các mẫu thử nghiệm 13, 14 và 15 được đưa vào bước ủ thứ nhất có nhiệt độ không đủ cao, dẫn đến sự tạo thành mật độ cao carbua, carbua này không thể được hòa tan một cách dễ dàng trong bước ủ thứ hai. Cacbon và mangan bị giữ lại trong carbua này không thể tham gia vào sự tạo thành và ổn định austenit dư. Do đó, sự có mặt của mật độ cao carbua làm giảm chỉ số tổng hợp các đặc tính $(YS \times UE + TS \times TE) / (C\% \times Mn\%)$ xuống mức quá thấp.

Mẫu thử nghiệm 16 không được đưa vào bước ủ thứ nhất và không có đủ ferit trong cấu trúc tế vi. Ngoài ra, nó chứa 5% mactensit mới và austenit dư không đủ độ ổn

định. Những sai lệch này so với mục tiêu của sáng chế dẫn đến giá trị quá thấp của chỉ số tổng hợp các đặc tính.

Việc hàn điểm dưới các điều kiện theo tiêu chuẩn ISO 18278-2 được tiến hành trên các tấm thép cán nguội và ủ.

Trong thử nghiệm này, các mẫu thử gồm hai tấm thép được hàn với nhau thành hình chữ thập. Một lực được áp dụng để phá vỡ điểm hàn. Lực này, được gọi là độ bền kéo chéo (cross tensile strength, CTS), được đo bằng daN. Nó phụ thuộc vào đường kính điểm hàn và độ dày của tấm kim loại, tức là độ dày của tấm thép và của lớp mạ kim loại. Từ đó có thể tính được hệ số α là tỷ số giữa giá trị CTS trên tích của đường kính điểm hàn nhân với độ dày của tấm nền. Hệ số này được đo bằng daN/mm².

Khả năng chịu hàn của các tấm thép cán nguội và ủ thu được được xác định và tập hợp trong bảng dưới đây:

Bảng 7: Khả năng chịu hàn của tấm thép cán nguội và ủ

Mẫu thử nghiệm	α (daN/mm ²)	Chỉ số LME
1	63	0,09
2	63	0,09
3	63	0,09
4	63	0,09
5	63	0,09
6	63	0,09
7	63	0,09
8	63	0,09
9	63	0,09
10	40	0,16
11	40	0,16
12	40	0,16

Mẫu thử nghiệm	α (daN/mm ²)	Chỉ số LME
13	40	0,16
14	40	0,16
15	40	0,16
16	40	0,16
17	85	0,06
18	85	0,06
19	85	0,06

Chỉ số LME = %C +%Si/4, tính theo % khối lượng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội và ủ, được sản xuất từ thép có thành phần bao gồm, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng:

C: 0,03 - 0,18%

Mn: 6,0 – 11,0%

Al: 0,2 – 3%

Mo: 0,05 - 0,5%

B: 0,0005 – 0,005%

Ti : 0,010 - 0,050%

S $\leq$ 0,010%

P $\leq$ 0,020%

N $\leq$ 0,008%

và tùy ý còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố sau đây, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng:

Si $\leq$ 1,20%

Nb $\leq$ 0,050%

Cr $\leq$ 0,5%

V $\leq$ 0,2%

phần còn lại của thành phần thép này là sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình tinh luyện,

tấm thép này có cấu trúc tế vi bao gồm, tính theo tỷ phần bề mặt,

- từ 25% đến 55% là austenit dư,
- từ 45% đến 75% là ferit,
- ít hơn 5% là mactensit mới,
- hàm lượng cacbon $[C]_A$ và mangan $[Mn]_A$ trong austenit, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn điều kiện giá trị biểu thức

$([C]_A[Mn]^2_A)/(C\% \times Mn\%)$ nằm trong khoảng từ 19,0 đến 41,0% khối lượng, trong đó C% và Mn% là các giá trị danh định của cacbon và mangan tính theo tỷ lệ % khối lượng, và $[C]_A$ được đo bằng thiết bị nhiễu xạ tia X và $[Mn]_A$ được đo bằng thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử với súng phát xạ trường,

- mật độ carbua nhỏ hơn $3 \times 10^6 / \text{mm}^2$, được đo bằng phương pháp đã mô tả ở trang 15 của bản mô tả,

- sự tái phân hóa không đồng đều của mangan, với các vùng chứa hàm lượng mangan cao và các vùng chứa hàm lượng mangan thấp, đặc trưng ở chỗ đường phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -30, độ dốc này được đo bằng phương pháp đã mô tả ở trang 12 của bản mô tả,

và có độ bền kéo TS lớn hơn hoặc bằng 950 MPa, độ giãn đồng đều UE lớn hơn hoặc bằng 12,0%, độ giãn dài tổng TE lớn hơn hoặc bằng 15%, giới hạn chảy YS lớn hơn hoặc bằng 780 MPa, và trong đó YS, UE, TS và TE, đo theo tiêu chuẩn ISO 6892-1 phiên bản tháng 10 năm 2009, thỏa mãn điều kiện $(YS \times UE + TS \times TE)/(C\% \times Mn\%) > 34.000$, trong đó C% và Mn% là các giá trị danh định của cacbon và mangan tính theo tỷ lệ % khối lượng.

2. Tấm thép cán nguội và ủ theo điểm 1, trong đó hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,15%.
3. Tấm thép cán nguội và ủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 hoặc 2, trong đó hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 6,0% đến 9%.
4. Tấm thép cán nguội và ủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,7% đến 2,2%.
5. Tấm thép cán nguội và ủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó chỉ số LME, được xác định bằng $\%C + \%Si/4$ với hàm lượng các nguyên tố được tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, nhỏ hơn 0,36.

6. Tấm thép cán nguội và ủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó thép này có đương lượng cacbon C_{eq} nhỏ hơn 0,4, đương lượng cacbon này được xác định theo công thức:

$$C_{eq} = C\% + Si\%/55 + Cr\%/20 + Mn\%/19 - Al\%/18 + 2,2P\% - 3,24B\% \\ - 0,133 \times Mn\% \times Mo\%$$

trong đó các nguyên tố được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

7. Mỗi hàn điểm điện trở nối hai chi tiết làm từ tấm thép cán nguội và ủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó mỗi hàn điểm điện trở này có giá trị α , là tỷ số giữa giá trị độ bền kéo chéo CTS và tích của đường kính điểm hàn nhân với độ dày của tấm nền, bằng ít nhất 30 daN/mm².

FIG.1

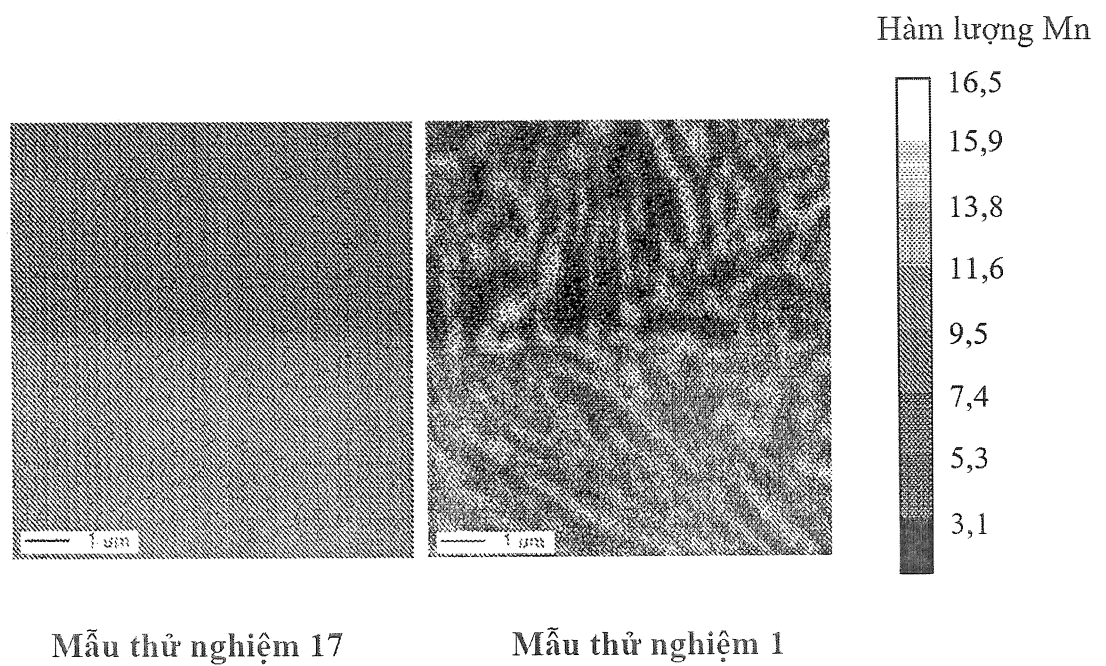


FIG.2

