



(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)



1-0048395

(51)^{2020.01} C22C 38/04; C21D 6/00; C21D 6/02; (13) B
C21D 8/02; C21D 9/46; C22C 38/14;
C22C 38/02; C22C 38/06; C22C 38/12;
C21D 1/18; C22C 38/00

(21) 1-2022-02319

(22) 16/12/2020

(86) PCT/IB2020/062011 16/12/2020

(87) WO 2021/124136 24/06/2021

(30) PCT/IB2019/061102 19/12/2019 IB

(45) 25/07/2025 448

(43) 26/09/2022 414A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

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

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

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI VÀ NHIỆT LUYỆN, VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT
TẤM THÉP NÀY

(21) 1-2022-02319

(57) Sáng chế đề cập tới tấm thép cán nguội và nhiệt luyện có thành phần tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau C: 0,12 - 0,25% Mn: 3,0 - 8,0%, Si: 0,70 - 1,50%, Al: 0,3 - 1,2%, B: 0,0002 - 0,004%, S $\leq$ 0,010%, P $\leq$ 0,020%, N $\leq$ 0,008%, phần còn lại của thành phần tấm thép là sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình nấu chảy, và có cấu trúc tế vi bao gồm, tính theo tỷ phần bề mặt: từ 5% tới 45% là ferit, từ 25% tới 85% là mactensit phân hóa, mactensit phân hóa này có mật độ carbua nhỏ hơn rõ rệt $2 \times 10^6/\text{mm}^2$, từ 10% tới 30% là austenit dư, ít hơn 8% là mactensit mới, một phần của mactensit mới này được kết hợp với austenit dư để tạo thành các đảo mactensit-austenit với tổng tỷ phần bề mặt nhỏ hơn 10%.

Sáng chế cũng đề cập tới phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội và nhiệt luyện này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội có độ bền cao, độ dai cao và khả năng tạo hình tốt, cũng như 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 song 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 giảm khối lượng các loại xe cộ để cải thiện hiệu suất sử dụng nhiên liệu của chúng nhằm bảo vệ môi trường toàn cầu, mà không bỏ qua các yêu cầu về độ an toàn. Để đáp ứng điều này, ngành công nghiệp sản xuất thép phải liên tục phát triển được 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.

Công bố đơn WO2019/123245 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội có độ bền cao và khả năng tạo hình tốt và có giới hạn chảy YS nằm trong khoảng từ 1.000 MPa tới 1.300 MPa, độ bền kéo TS nằm trong khoảng từ 1.200 MPa tới 1.600 MPa, độ dẫn đồng đều UE bằng ít nhất 10%, hệ số nong rộng lỗ (hole expansion ratio, HER) bằng ít nhất 20%, nhờ quy trình tôi và phân hóa (quenching & partitioning). Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội này gồm có, tính theo tỷ phần bề mặt: từ 10% tới 45% là ferit, có cỡ hạt trung bình bằng tối đa 1,3 μm , tích của tỷ phần bề mặt của ferit nhân với cỡ hạt trung bình của ferit bằng tối đa 35 μm^2 , từ 8% tới 30% là austenit dư, austenit dư này có hàm lượng Mn cao hơn 1,1*Mn%, Mn% là hàm lượng Mn trong thép này, tối đa 8% là mactensit mới, tối đa 2,5% là xementit và phần còn lại là mactensit phân hóa. Tỷ phần bề mặt gồm

ít nhất 8% là austenit dư, có hàm lượng Mn cao hơn $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, cho phép tạo ra sự kết hợp giữa độ dai cao và độ bền cao.

Trong công đoạn ủ tấm thép cán nóng, austenit được làm giàu mangan. Bước ủ sau khi cán nguội theo sáng chế này làm đồng nhất cấu trúc tế vi với mactensit và các đảo M-A tươi mịn hơn, và do đó không liên quan đến các dấu hiệu kỹ thuật được đề cập trong Công bố đơn WO2019/123245.

Công bố đơn WO2018/220430 đề cập đến các tấm thép được tạo hình nóng để sản xuất các chi tiết. Các chi tiết thép này sau đó được làm nguội trước khi được làm nóng lại, được giữ ở nhiệt độ hậu xử lý và được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Quá trình tạo hình nóng như vậy gây ra các biến dạng cục bộ mạnh trong chi tiết thép, do dạng hình học của chi tiết này và của công cụ tạo hình, dẫn đến các thay đổi cục bộ trong cấu trúc tế vi.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là giải quyết vấn đề nêu trên và tạo ra được tấm thép có giới hạn chảy cao hơn 950MPa, độ bền kéo cao hơn 1.180MPa, độ dẫn đồng đều cao hơn 10% và hệ số nong rộng lỗ lớn hơn 25%.

Mục đích của sáng chế đạt được bằng cách đề xuất tấm thép theo điểm 1 của Yêu cầu bảo hộ. Tấm thép cũng có thể có các đặc điểm được đề cập trong điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 tới 10 của Yêu cầu bảo hộ. Mục đích khác của sáng chế đạt được bằng cách đề xuất phương pháp theo điểm 11 của 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.

Trong các công thức dưới đây, A_{e1} là nhiệt độ chuyển pha cân bằng mà thấp hơn nó thì austenit hoàn toàn không ổn định, A_{e3} là nhiệt độ chuyển pha cân bằng mà cao hơn nó thì austenit hoàn toàn ổn định, M_s là nhiệt độ bắt đầu mactensit hóa, tức là nhiệt độ mà ở đó austenit bắt đầu chuyển hóa thành mactensit khi làm nguội. Nhiệt độ này có thể được tính theo công thức:

$$Ae1=670 + 15*\%Si - 13*\%Mn + 18*\%Al$$

$$Ae3 = 890 - 20 * \sqrt{\%C} + 20 * \%Si - 30 * \%Mn + 130 * \%Al$$

$$Ms= 560 - (30*\%Mn+13*\%Si-15*\%Al+12*\%Mo)-600*(1-\exp(-0,96*C))$$

Thành phần của thép theo sáng chế bao gồm các nguyên tố như sau, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng:

Theo sáng chế, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,12% tới 0,25%. Khi hàm lượng này cao hơn 0,25%, thì khả năng chịu hàn của tấm thép có thể bị suy giảm. Nếu hàm lượng cacbon này thấp hơn 0,12%, thì hợp phần austenit dư không được làm ổn định tới mức đủ để thu được độ dẫn và độ bền kéo yêu cầu. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,15% tới 0,25%.

Theo sáng chế, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 3,0% tới 8,0% để thu được đủ độ dẫn cùng với độ ổn định của austenit. Khi hàm lượng này cao hơn 8,0%, thì có nguy cơ là quá trình thiên tích vùng trung tâm sẽ tăng và gây bất lợi cho giới hạn chảy và độ bền kéo. Khi hàm lượng này thấp hơn 3,0%, thì cấu trúc cuối không có đủ hợp phần austenit dư, do đó không đạt được sự kết hợp mong muốn giữa độ dai và độ bền. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 3,0% tới 5,0%.

Theo sáng chế, hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,70% tới 1,50%. Hàm lượng silic tối thiểu 0,70% sẽ giúp ổn định lượng đủ austenit dư. Khi hàm lượng này cao hơn 1,50%, các oxit silic hình thành trên bề mặt, làm suy giảm khả năng sơn phủ của thép. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,80% tới 1,30%.

Hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,3% tới 1,2% do nhôm là nguyên tố rất có hiệu quả trong việc khử oxy hóa cho thép trong pha lỏng trong quá trình luyện. Hàm lượng nhôm không được cao hơn 1,2% để tránh sự xuất hiện của các thể vùi và để tránh các vấn đề do oxy hóa. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,3% tới 0,8%.

Hàm lượng bo nằm trong khoảng từ 0,0002% tới 0,004% để làm tăng khả năng tôi của thép và để cải thiện khả năng chịu hàn của tấm thép. Tùy ý, một số nguyên tố có thể được bổ sung vào thành phần của thép theo sáng chế.

Niobi có thể được bổ sung tùy ý với lượng lên tới 0,06% 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 0,0010%. Khi hàm lượng này cao hơn 0,06%, thì không đảm bảo được giới hạn chảy và độ dẫn ở mức mong muốn.

Molypden có thể được bổ sung với lượng lên tới 0,5%. Molypden làm ổn định austenit dư và do vậy làm giảm sự phân rã austenit trong quá trình phân hóa. Khi hàm lượng này cao hơn 0,5%, thì việc bổ sung molypden là tốn kém và không hiệu quả xét về các đặc tính cần thiết.

Vanadi có thể tùy ý được bổ sung với lượng lên tới 0,2% để gia cường kết tụ.

Titan có thể được bổ sung với lượng lên tới 0,05% để gia cường kết tụ. Nếu hàm lượng titan cao hơn hoặc bằng 0,05%, thì không đảm bảo được giới hạn chảy và độ dẫn ở mức mong muốn. Tốt hơn nếu ít nhất 0,01% titan được bổ sung cùng với bo để bảo vệ bo chống tạo thành BN.

Phần còn lại trong thành phần tấm thép là sắt và các tạp chất tạo thành trong quá trình nấu chảy. 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 ít hơn 0,010% đối với S, ít hơn 0,020% đối với P và ít hơn 0,008% đối với N.

Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện này có cấu trúc tế vi bao gồm, tính theo tỷ phần bề mặt, từ 5% tới 45% là ferit, từ 25% tới 85% là mactensit phân hóa, mactensit phân hóa này có mật độ carbua nhỏ hơn rõ rệt $2 \times 10^6 / \text{mm}^2$, từ 10% tới 30% là austenit dư, ít hơn 8% là mactensit mới. Một phần của mactensit mới kết hợp với austenit dư để tạo ra các đảo mactensit-austenit (M-A), với tổng tỷ phần bề mặt nhỏ hơn 10%. Theo một phương án thực hiện được ưu tiên, các đảo M-A này có tỷ lệ kích thước nhỏ hơn hoặc bằng 2.

Ferit được tạo ra trong bước ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $(Ae1+Ae3)/2$ tới $Ae3$. Nếu tỷ phần ferit nhỏ hơn 5%, thì độ dẫn đồng đều không đạt tới 10%. Nếu tỷ phần ferit lớn hơn 45%, thì không đạt được độ bền kéo bằng 1.180MPa và giới hạn chảy bằng 950MPa.

Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội và nhiệt luyện này bao gồm từ 25% tới 85% là mactensit phân hóa, để đảm bảo độ dai cao của thép, và mactensit phân hóa này có mật độ carbua nhỏ hơn rõ rệt $2 \times 10^6/\text{mm}^2$. Mactensit phân hóa là mactensit được tạo thành khi làm nguội sau bước ủ và tiếp theo được phân hóa trong bước phân hóa. Tốt hơn nếu cấu trúc tế vi này bao gồm từ 40% tới 80% là mactensit phân hóa.

Cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội và nhiệt luyện này bao gồm từ 10% tới 30% là austenit dư, để đảm bảo độ dai cao của thép và ít hơn 8% là mactensit mới. Tốt hơn nếu cấu trúc tế vi này bao gồm tối đa 6% là mactensit mới. Mactensit mới được tạo ra trong quá trình làm nguội tấm thép cán nguội và nhiệt luyện tới nhiệt độ trong phòng. Cỡ hạt mactensit mới và các đảo mactensit-austenit nhỏ hơn $0,7\mu\text{m}$.

Tấm thép theo sáng chế có thể được sản xuất bởi 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:

Bán sản phẩm có thể được cán nóng với thành phần thép nêu ở phần trên được chuẩn bị. Bán sản phẩm này được nung nóng tới nhiệt độ T_{reheat} nằm trong khoảng từ 1.150°C tới 1.300°C , để có thể dễ dàng cán nóng, với nhiệt độ cán nóng cuối cùng FRT từ 800°C tới 950°C , để thu được tấm thép cán nóng. Giá trị FRT lớn nhất được chọn để tránh làm thô các hạt austenit. Tốt hơn nếu nhiệt độ FRT nằm trong khoảng từ 800°C tới 910°C .

Thép đã cán nóng thép sau đó được làm nguội và được cuộn ở nhiệt độ T_{coil} nằm trong khoảng từ 200°C tới 700°C . Tốt hơn nếu nhiệt độ công đoạn cuộn này nằm trong khoảng từ $(Ms-100^\circ\text{C})$ tới 550°C .

Sau bước cuộn, tấm thép có thể được tẩy gỉ để loại bỏ các thành phần bị oxy hóa.

Tấm thép cán nóng này sau đó được ủ ở nhiệt độ ủ thứ nhất TA1 nằm trong khoảng từ 550°C tới 700°C, và được giữ ở nhiệt độ ủ này trong thời gian lưu giữ tA1 từ 30 giây tới 50 giờ, để cải thiện khả năng cán nguội và độ dai của tấm thép cán nóng.

Tấm thép cán nóng và ủ này sau đó được cán nguội để thu được tấm thép cán nguội có độ dày, ví dụ, nằm trong khoảng từ 0,7 mm tới 3 mm, hoặc tốt hơn là từ 0,8 mm tới 2 mm. Tỷ lệ giảm độ dày khi cán nguội tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20% tới 80%. Khi tỷ lệ này nhỏ hơn 20%, thì bằng kết tinh lại trong quá trình xử lý nhiệt tiếp theo không được thuận lợi, có thể làm suy giảm độ dai của tấm thép cán nguội và nhiệt luyện này. Khi hàm lượng này cao hơn 80%, thì có nguy cơ xảy ra rạn nứt cạnh trong quá trình cán nguội.

Tấm thép cán nguội này sau đó được nung nóng lại tới nhiệt độ ủ thứ hai TA2 cao hơn A_{e3} -10°C, và được giữ ở nhiệt độ TA2 này trong thời gian lưu giữ tA2 nằm trong khoảng từ 1 giây tới 1.000 giây, để thu được, sau khi ủ, cấu trúc tế vi bao gồm mactensit và bainit, tổng cộng chiếm nhiều hơn 80%, ít hơn rõ rệt 20% là ferit và ít hơn rõ rệt 20% là tổng của các đảo mactensit-austenit (M-A) và carbua.

Mactensit trong các đảo mactensit-austenit là mactensit mới. Mactensit trong tổng mactensit và bainit lớn hơn 80% là mactensit tự ram. Việc xác định kiểu loại mactensit có thể được thực hiện và định lượng bằng kính hiển vi điện tử quét có súng phát xạ trường (Scanning Electron Microscope with a Field Emission Gun, FEG-SEM)

Tấm thép cán nguội này sau đó được đưa tới công đoạn tôi và phân hóa (quenching and partitioning, Q&P). Công đoạn tôi và phân hóa này bao gồm các bước:

- nung nóng lại tấm thép cán nguội tới nhiệt độ TA3 thấp hơn rõ rệt A_{e3} và cao hơn $(A_{e1}+A_{e3})/2$ và được giữ ở nhiệt độ ủ TA3 này trong thời gian lưu giữ

tA3 nằm trong khoảng từ 3 giây tới và 1.000 giây, để thu được cấu trúc austenit và ferit.

- tôi tấm thép cán nguội này tới nhiệt độ tôi TQ thấp hơn ($M_s - 50^\circ\text{C}$), để thu được tấm thép tôi. Trong bước tôi này, austenit được chuyển hóa một phần thành mactensit. Nếu nhiệt độ tôi cao hơn ($M_s - 50^\circ\text{C}$), thì tỷ phần của mactensit ram trong cấu trúc cuối sẽ quá thấp, dẫn đến tỷ phần mactensit mới cao hơn 8%, điều này làm ảnh hưởng bất lợi đến độ dẫn dài tổng của thép.

- nung nóng lại tấm thép tôi tới nhiệt độ phân hóa TP nằm trong khoảng từ 350°C tới 550°C và giữ ở nhiệt độ phân hóa này trong thời gian phân hóa nằm trong khoảng từ 1 giây tới 1.000 giây trước khi làm nguội đến nhiệt độ trong phòng.

Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo sáng chế này có giới hạn chảy YS cao hơn 950MPa, độ bền kéo TS cao hơn 1.180MPa, độ dẫn đồng đều UE cao hơn 10%, hệ số nong rộng lỗ HER cao hơn 25%.

Tốt hơn nếu tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo sáng chế này có YS và TS được biểu thị theo MPa, UE, độ dẫn dài tổng TE và HER được biểu thị theo%, và hàm lượng silic%Si được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn công thức sau đây: $(YS*UE + TS*TE + TS*HER)/\%Si > 65.000$

Công thức này thể hiện mức độ đặc tính cơ học đối với một hàm lượng silic nhất định.

Tốt hơn nếu độ dẫn dài tổng TE cao hơn 14%.

YS, TS, UE và TE được đo theo tiêu chuẩn ISO ISO 6892-1. HER được đo theo tiêu chuẩn ISO ISO 16630.

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

3 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 theo quy trình có các thông số được nêu trong Bảng 2 dưới đây.

Thành phần thép thử nghiệm được nêu trong bảng sau đây trong đó hàm lượng các nguyên tố được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Bảng 1: Thành phần thép

Thép	C	Mn	Si	Al	B	S	P	N	Mo	V	Nb	Ti	Ae1, °C	Ae3, °C	Ms, °C
A	0,19	3,8	0,98	0,50	0,0005	0,002	0,013	0,003	0,3	0,15	-	-	644	852	337
B	0,19	3,9	1,17	0,39	0,0021	0,001	0,011	0,003	0,2	-	0,02	0,029	644	838	331
C	0,19	3,8	0,98	0,51	0,0005	0,002	0,013	0,002	0,3	-	-	-	644	853	337

Các thép A-C theo sáng chế.

Các thép bán sản phẩm, dưới dạng đúc, được nung nóng ở 1200°C, được cán nóng với nhiệt độ cán cuối cùng FRT, được cuộn, được xử lý nhiệt thứ nhất ở nhiệt độ TA1, và được giữ ở nhiệt độ TA1 này trong thời gian lưu giữ ta1, trước khi được cán nguội. Bước ủ thứ hai được thực hiện ở nhiệt độ TA2, và tấm thép cán nguội được giữ ở nhiệt độ TA2 này trong thời gian lưu giữ ta2, trước khi được tôi và phân hóa (Q&P), tiếp đó được làm nguội tới nhiệt độ trong phòng. Các điều kiện cụ thể sau đây được áp dụng:

Bảng 2: Các thông số quy trình

Mẫu thử	Thép	FRT, °C	T _{Coil} , °C	Bước ủ thứ nhất		Tỷ lệ cán nguội, %	Bước ủ thứ hai		Q&P				
				TA1, °C	tA1, phút		TA2, °C	tA2, giây	TA3, °C	tA3, giây	TQ, °C	TP, °C	T, giây
1*	A	900	450	620	420	50	850	120	750	230	60	400	250
2*	A	900	450	620	420	50	850	120	800	230	120	400	250
3*	A	900	450	620	420	50	900	220	800	230	150	400	250
4*	B	850	450	630	900	50	850	150	800	230	100	400	250
5	A	900	450	620	420	50	850	120	710	230	30	400	250
6	C	900	450	600	420	50	=	=	800	220	170	430	250
7	A	900	450	600	420	50	=	=	800	220	170	430	250

* : các mẫu thử nghiệm theo sáng chế.

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế

Các tấm thép ủ sau đó được phân tích và các thành phần cấu trúc tế vi tương ứng trước khi Q&P, sau khi Q&P và các đặc tính cơ học sau khi Q&P được trình bày lần lượt trong các Bảng 3, 4 và 5.

Cấu trúc tế vi của các mẫu thử nghiệm được xác định và tập hợp trong bảng dưới đây:

Bảng 3: Cấu trúc tế vi của tấm thép trước khi Q&P

Mẫu thử nghiệm	Cấu trúc tế vi trước khi Q&P		
	F, %	B + M, %	MA + carbua, %
1*	2	98	0
2*	2	98	0
3*	0	100	0
4*	2	98	0
<u>5</u>	2	98	0
<u>6</u>	<u>97</u>	0	3
<u>7</u>	<u>97</u>	0	3

* : các mẫu thử nghiệm theo sáng chế

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế

B: là tỷ phần bề mặt bainit

F: là tỷ phần bề mặt ferit

M: là tỷ phần bề mặt mactensit

M-A: là tỷ phần bề mặt các đảo mactensit-austenit

Tỷ phần bề mặt được xác định bằng phương pháp sau đây: mẫu thử được cắt từ tấm thép cán nguội và nhiệt luyện, được đánh bóng và được tẩm 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 dưới kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi điện tử quét, ví dụ dưới

kính hiển vi điện tử quét có súng phát xạ trường (Scanning Electron Microscope with a Field Emission Gun, FEG-SEM) với độ phóng đại lớn hơn 5000x, dưới chế độ điện tử tán xạ ngược (back scattered electron, BSE).

Việc xác định tỷ phần bề mặt của mỗi hợp phần được tiến hành thông qua việc phân tích hình ảnh bằng phương pháp đã biết trong lĩnh vực này. Tỷ phần austenit dư, ví dụ, được xác định bằng phổ nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction, XRD).

Đối với các mẫu thử nghiệm 6 và 7, là các mẫu đã được ủ ở nhiệt độ TA2 trong thời gian tA2, thì cấu trúc tế vi trước khi Q&P là cấu trúc tế vi của tấm thép cán nguội. Đối với các mẫu thử nghiệm 1-5, thì cấu trúc tế vi trước khi Q&P là cấu trúc tế vi thu được sau bước ủ thứ hai.

Cấu trúc tế vi của các mẫu thử nghiệm được xác định và tập hợp trong bảng dưới đây:

Bảng 4: Cấu trúc tế vi của tấm thép sau khi Q&P

Mẫu thử	Cấu trúc tế vi sau khi Q&P						
Các mẫu thử nghiệm	F, %	PM, %	γ , %	FM, %	Mật độ carbua trong PM, $\times 10^6/\text{mm}^2$	Các đảo M-A, %	Kích thước FM và M-A, μm
1*	38	47	15	0	1	1	0,4
2*	15	66	16	3	1	6	0,5
3*	15	63	17	5	1	8	0,5
4*	20	64	16	0	1	1	0,4
<u>5</u>	<u>52</u>	28	20	0	1	1	0,4
<u>6</u>	15	57	16	<u>12</u>	<u>2</u>	<u>20</u>	<u>1</u>
<u>7</u>	15	48	17	<u>20</u>	1	<u>15</u>	<u>1,2</u>

* : các mẫu thử nghiệm theo sáng chế

Các giá trị gạch chân: không phù hợp với sáng chế

γ : là tỷ phần bề mặt austenit dư

PM: là tỷ phần bề mặt mactensit phân hóa

FM: là tỷ phần bề mặt mactensit mới

F: là tỷ phần bề mặt ferit

M-A: là tỷ phần bề mặt các đảo mactensit-austenit

Nhờ có bước ủ thứ hai, nên đã thu được cấu trúc tế vi đồng nhất hơn với mactensit mới và các đảo M-A mịn, có kích cỡ nhỏ hơn 0,7 μm . Trái lại, các mẫu thử nghiệm 6 và 7 không có bước ủ thứ hai, và do đó có sự làm giàu đáng kể Mn trong austenit, tạo ra nhiều hơn 10% mactensit mới và các đảo M-A lớn hơn với phân bố kích cỡ không đồng nhất hơn.

Các đặc tính cơ học của các mẫu thử nghiệm được xác định và tập hợp trong bảng dưới đây:

Bảng 5 – Các đặc tính cơ học của tấm thép cán nguội và nhiệt luyện sau khi Q&P

Mẫu thử	YS, MPa	TS, MPa	UE, %	HER, %	TE, %	$(YS*UE + TS*TE + TS*HER)/\%Si$
1*	1.065	1.276	13	28	16	71.417
2*	1.173	1.328	12	32	16	79.408
3*	1.092	1.322	10	32	14	73.196
4*	1.221	1.355	12	43	15	79.694
<u>5</u>	<u>762</u>	1.254	14	n.a	18	<u>33.918</u>
<u>6</u>	1.155	1.323	<u>9</u>	<u>19</u>	12	<u>52.457</u>
<u>7</u>	1.132	1.351	10	<u>7</u>	13	<u>39.133</u>

* : các mẫu thử nghiệm theo sáng chế

Các giá trị gạch chân: không đáp ứng các đặc tính cơ học.

n.a: giá trị không được đánh giá

Các ví dụ này cho thấy rằng chỉ các tấm thép theo sáng chế này, tức là các Ví dụ 1-4, có được tất cả các đặc tính mục tiêu nhờ vào thành phần cụ thể và cấu trúc tế vi của chúng.

Trong mẫu thử nghiệm 5, tấm thép A được cán nóng, được cuộn, được ủ lần thứ nhất và được cán nguội trước khi được ủ lần thứ hai theo sáng chế. Trong quá trình tôi và phân hóa, tấm thép này được nung nóng tới nhiệt độ thấp TA3, hạn chế austenit và do đó tạo thuận lợi cho ferit trong công đoạn làm nguội. Giới hạn chảy của tấm thép cuối do đó thấp hơn 950MPa và giá trị tính theo công thức $(YS*UE + TS*TE + TS*HER)/\%Si$ không đạt được mức 65.000.

Trong các mẫu thử nghiệm 6 và 7, các tấm thép từ C tới A lần lượt không được nung nóng lại trước khi tôi và phân hóa. Cấu trúc tế vi trước khi Q&P là 97% ferit, dẫn đến hàm lượng mactensit mới cao sau khi Q&P. Tỷ phần cao của mactensit mới có kích cỡ lớn này dẫn đến hệ số nong rộng lỗ thấp hơn 25%, và giá trị tính theo công thức $(YS*UE + TS*TE + TS*HER)/\%Si$ thấp hơn 65.000.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện, được làm từ thép có thành phần tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau:

C: 0,12 - 0,25%

Mn: 3,0 - 8,0%

Si: 0,70 – 1,50%

Al: 0,3 – 1,2%

B: 0,0002 – 0,004%

S $\leq$ 0,010%

P $\leq$ 0,020%

N $\leq$ 0,008%

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

Mo $\leq$ 0,5%

V $\leq$ 0,2%

Nb $\leq$ 0,06%

Ti $\leq$ 0,05%

phần còn lại của thành phần tấm thép là sắt và các tạp chất không tránh khỏi tạo thành trong quá trình nấu chảy,

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

- từ 5% tới 45% là ferit,

- từ 25% tới 85% là mactensit phân hóa, mactensit phân hóa này có mật độ carbua nhỏ hơn rõ rệt $2 \times 10^6/\text{mm}^2$,

- từ 10% tới 30% là austenit dư

- ít hơn 8% là mactensit mới,
- một phần của mactensit mới này được kết hợp với austenit dư để tạo thành các đảo mactensit-austenit (M-A) với tổng tỷ phần bề mặt nhỏ hơn 10%,
- trong đó kích thước mactensit mới và các đảo mactensit-austenit nhỏ hơn 0,7 μm , và có giới hạn chảy YS biểu thị theo MPa, độ bền kéo TS biểu thị theo MPa, độ dẫn đồng đều UE biểu thị theo %, độ dẫn dài tổng TE biểu thị theo %, hệ số nong rộng lỗ HER biểu thị theo %, và hàm lượng silic biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, thỏa mãn công thức sau đây:

$$(YS*UE + TS*TE + TS*HER)/\%Si > 65.000.$$

2. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm 1, trong đó hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 3,0% tới 5,0%.
3. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 2, trong đó hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,80% tới 1,30%.
4. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó cấu trúc tế vi bao gồm tối đa 6% là mactensit mới.
5. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó giới hạn chảy YS cao hơn 950MPa.
6. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó độ bền kéo TS cao hơn 1.180MPa.
7. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó độ dẫn đồng đều cao hơn 10%.
8. Tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó hệ số nong rộng lỗ cao hơn 25%.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội và nhiệt luyện theo điểm 1, bao gồm các bước kế tiếp sau đây:

- đúc thép để thu được bán sản phẩm, bán sản phẩm này có thành phần theo điểm 1,
- nung nóng bán sản phẩm này ở nhiệt độ T_{reheat} nằm trong khoảng từ 1.150°C tới 1.300°C,
- cán nóng bán sản phẩm thu được với nhiệt độ cán cuối cùng FRT từ 800°C tới 950°C để thu được tấm thép cán nóng,
- làm nguội tấm thép cán nóng này ở nhiệt độ công đoạn cuộn T_{coil} nằm trong khoảng từ 200°C tới 700°C,
- ủ tấm thép cán nóng này ở nhiệt độ ủ thứ nhất $TA1$ nằm trong khoảng từ 550°C tới 700°C, và giữ tấm thép ở nhiệt độ $TA1$ này trong thời gian lưu giữ $tA1$ từ 30 giây tới 50 giờ,
- cán nguội tấm thép cán nóng này để thu được tấm thép cán nguội,
- nung nóng lại tấm thép cán nguội này tới nhiệt độ ủ thứ hai $TA2$ cao hơn $Ae3-10^\circ C$, và giữ tấm thép ở nhiệt độ $TA2$ này trong thời gian lưu giữ $tA2$ nằm trong khoảng từ 1 giây tới 1.000 giây, để thu được, sau khi ủ, cấu trúc tế vi bao gồm mactensit và bainit, tổng cộng chiếm nhiều hơn 80%, ferit chiếm ít hơn rõ rệt 20%, và tổng tỷ phần các đảo mactensit-austenit (M-A) và carbua chiếm ít hơn rõ rệt 20%, $Ae3$ được tính theo công thức:

$$Ae3 = 890 - 20 \cdot \sqrt{\%C} + 20 \cdot \%Si - 30 \cdot \%Mn + 130 \cdot \%Al$$

- nung nóng lại tấm thép cán nguội này tới nhiệt độ $TA3$ thấp hơn rõ rệt $Ae3$ và cao hơn $(Ae1+Ae3)/2$, và giữ tấm thép ở nhiệt độ ủ $TA3$ này trong thời gian lưu giữ $tA3$ nằm trong khoảng từ 3 giây tới 1.000 giây, $Ae1$ được tính theo công thức:

$$Ae1 = 670 + 15 \cdot \%Si - 13 \cdot \%Mn + 18 \cdot \%Al$$

- tôi tấm thép cán nguội này tới nhiệt độ tôi TQ thấp hơn ($M_s - 50^\circ\text{C}$), để thu được tấm thép tôi, M_s được tính theo công thức:

$$M_s = 560 - (30\% \text{Mn} + 13\% \text{Si} - 15\% \text{Al} + 12\% \text{Mo}) - 600 * (1 - \exp(-0,96\% \text{C}))$$

- nung nóng lại tấm thép tôi này tới nhiệt độ phân hóa TP nằm trong khoảng từ 350°C tới 550°C , và giữ tấm thép tôi ở nhiệt độ phân hóa này trong thời gian phân hóa nằm trong khoảng từ 1 giây tới 1.000 giây,
- làm nguội tấm thép tới nhiệt độ trong phòng, để thu được tấm thép cán nguội và nhiệt luyện.