



(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)



1-0049647

(51)^{2022.01} C21D 6/00; C21D 9/46; C21D 1/26

(13) B

(21) 1-2022-08621

(22) 12/07/2021

(86) PCT/IB2021/056247 12/07/2021

(87) WO2022/018571 27/01/2022

(30) PCT/IB2020/057009 24/07/2020 IB

(45) 25/08/2025 449

(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); REMY, Blandine (FR).

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

(54) TẤM THÉP ĐƯỢC CÁN NÓNG VÀ XỬ LÝ NHIỆT VÀ MỐI HÀN ĐIỂM ĐIỆN TRỞ

(21) 1-2022-08621

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt, được sản xuất từ thép có thành phần bao gồm, theo phần trăm khối lượng: C: 0,03 - 0,18%; Mn: 6,0 - 11,0%; 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, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng: Al < 3%; 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 thể tránh khỏi tạo ra từ quá trình tinh luyện, tấm thép này có vi cấu trúc bao gồm, ở phần bề mặt: từ 10% đến 60% austenit dư, từ 40% đến 90% ferit, ít hơn 5% mactensit, cacbua nhỏ hơn 0,8%, và sự tái phân bố không đồng đều của mangan, được đặc trưng bởi đường cong phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -40. Sáng chế cũng đề cập đến mối hàn điểm điện trở.

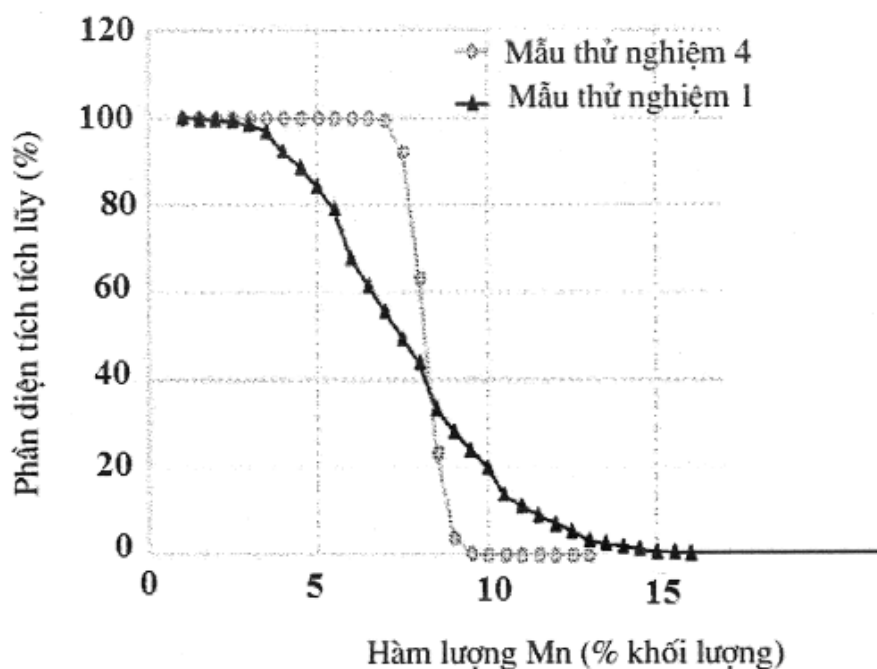


Fig.2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép có độ bền cao, có khả năng chịu hàn tốt và mối hàn điểm điện trở.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để sản xuất các sản phẩm khác nhau như các chi tiết của các bộ phận kết cấu thân và các tấm thân cho phương tiện vận chuyển có động cơ, 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 thấm thấu dọc theo đường biên hạt của nền thép bên dưới, trong điều kiện 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 chỉ số LME được tính theo biểu thức sau đây: 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.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép được cán nóng và ủ có độ dai cao, có năng lượng va đập Charpy ở nhiệt độ 20°C cao hơn 0,4J/mm² cùng với khả năng chịu hàn tốt.

Tốt hơn là, tấm thép được cán nóng và ủ theo sáng chế có chỉ số LME 0,36 hoặc nhỏ hơn.

Tốt hơn là, tấm thép được cán nóng và ủ thép theo sáng chế có đương lượng cacbon Ceq nhỏ hơn 0,4, trong đó đương lượng cacbon này được xác định theo công thức: $Ceq = \%C + \%Si/55 + \%Cr/20 + \%Mn/19 - \%Al/18 + 2,2\%P - 3,24\%B - 0,133 * \%Mn * \%Mo$, trong đó các nguyên tố được tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt, 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%; 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, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng: $Al < 3\%$; $Si \leq 1,20\%$; $Ti \leq 0,050\%$; $Nb \leq 0,050\%$; $Cr \leq 0,5\%$; phần còn lại của thành phần thép này là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi tạo ra từ quá trình tinh luyện, tấm thép này có vi cấu trúc bao gồm, ở phần bề mặt: từ 10% đến 60% austenit dư, từ 40% đến 90% ferit, ít hơn 5% mactensit, cacbua nhỏ hơn 0,8%, và sự tái phân bố không đồng đều của mangan, được đặc trưng bởi đường cong phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -40, đường cong phân bố mangan thu được bằng cách vẽ đồ thị, dưới dạng hàm số của hàm lượng mangan, phần diện tích tích lũy của ba bản đồ thu được từ các vùng khác nhau của mặt cắt của tấm thép này, bao gồm

các điểm ảnh trong đó hàm lượng mangan được tính toán, và độ dốc của đường cong này được tính toán giữa điểm tương ứng với 80% phần diện tích tích lũy và điểm tương ứng với 20% phần diện tích tích lũy, và có năng lượng va đập Charpy ở nhiệt độ 20°C lớn hơn 0,4J/mm², được đo theo tiêu chuẩn ISO 148-1:2006 (F) và ISO 148-1:2017(F).

Theo một mục đích khác, sáng chế đề cập đến mối hàn điểm điện trở nối hai chi tiết thép làm từ tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt nêu trên, mối hàn điểm điện trở này được thực hiện theo tiêu chuẩn ISO 18278-2 có giá trị α ít nhất là 30 daN/mm², α là tỷ số giữa giá trị của lực được tác động vào để phá vỡ điểm hàn, lực này được gọi là độ bền kéo ngang (Cross Tensile Strength-CTS), trên tích số của đường kính của điểm hàn nhân với chiều dày của tấm nền.

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 phần mô tả dưới đây.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình ảnh thể hiện mặt cắt của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt của mẫu thử nghiệm 1 và mẫu thử nghiệm 4. 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.

Fig.2 thể hiện đường cong đối với mẫu thử nghiệm 1 và mẫu thử nghiệm 4: 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.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thành phần thép theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây, hàm lượng tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

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%, khả năng chịu hàn của tấm thép và độ bền chống LME có thể bị giảm. Cụ thể, nhiệt độ của bước ngâm nhiệt phụ thuộc vào hàm lượng cacbon: hàm lượng cacbon càng cao, thì nhiệt độ ngâm nhiệt càng thấp để làm ổn định austenit. Nếu hàm lượng cacbon thấp hơn 0,03%, thì phần austenit không được làm ổn định đủ để thu được, sau khi ngâm nhiệt, độ bền kéo và độ giãn dài mong muốn. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, hàm

lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,15%. Theo phương án được ưu tiên khác của sáng chế, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,07% đến 0,12%.

Hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 6,0% đến 11,0%. Nếu hàm lượng mangan lớn hơn 11,0%, thì khả năng chịu hàn của tấm thép có thể bị giảm, và năng suất lắp ráp các chi tiết có thể bị giảm. Ngoài ra, nguy cơ thiên tích ở vùng trung tâm tăng lên gây tổn hại cho 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 làm ổn định austenit, để thu được, sau khi ngâm nhiệt, vi cấu trúc và các đặc tính mục tiêu. Tốt hơn là, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 6% đến 9,0%.

Theo sáng chế, hàm lượng nhôm nhỏ hơn 3% để làm giảm mức độ thiên tích mangan trong khi đúc. Nhôm là nguyên tố rất có hiệu quả đối với 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 giảm, cũng như khả năng đúc. Ngoài ra, hàm lượng nhôm càng cao, thì nhiệt độ ngâm nhiệt cũng càng cần phải cao để làm ổn định austenit. Tốt hơn là, nhôm được bổ sung với lượng ít nhất đến 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 có thể được bổ sung để tránh sự xuất hiện của các thể vùi và các vấn đề oxy hoá. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,2% đến 2,5% và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,2%.

Hàm lượng molipđen nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% để làm giảm mức độ thiên tích mangan trong khi đúc. Ngoài ra, cần bổ sung ít nhất 0,05% molypđen để thu được độ bền giòn. Việc bổ sung trên 0,5% molypđen là tốn kém và không hiệu quả để đạt được các đặc tính yêu cầu. Theo phương án được ưu tiên của sáng chế, hàm lượng molipđen 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 và khả năng chịu hàn điểm của tấm thép được cán nóng này. 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 phương án 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 1,0%.

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.

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.

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.

Vi cấu trúc của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Tấm thép được cán nóng này có thành phần theo sáng chế được trải qua công đoạn ủ tới hạn, trong khi vi cấu trúc bao gồm từ 10 đến 60% austenit, 40 đến 90% ferit, phần cacbua nhỏ hơn 0,8% và ít hơn 5% mactensit được tạo ra.

Austenit mà được tạo ra trong khi ủ tới hạn như vậy được làm giàu cacbon và mangan. Chính xác hơn nữa, các vùng có hàm lượng mangan cao hơn giá trị danh nghĩa và các vùng có hàm lượng mangan thấp hơn giá trị danh nghĩa được tạo ra, tạo ra sự phân bố không đồng đều của mangan. Do đó, cacbon cùng tạo thiên tích với mangan. Mức độ không đồng đều này của mangan được đo nhờ vào độ dốc của đường cong phân bố mangan mà lớn hơn hoặc bằng -40, như được thể hiện trên Fig.2 và được giải thích dưới đây.

Ferit có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 40 đến 90% và được tạo ra trong khi ủ tới hạn.

Mactensit mới có thể được tạo thành trong khi làm nguội sau khi ủ tới hạn, từ sự mất ổn định của phần austenit, ít giàu cacbon và mangan hơn. Tuy nhiên, thành phần này của vi cấu trúc không được mong muốn và tỷ lệ của nó phải duy trì nhỏ hơn 5%.

Cuối cùng, tấm thép cán nóng và được xử lý nhiệt chứa ít hơn 0,8% cacbua, điều này cho phép đạt được độ dẻo dai tốt, tức là năng lượng va đập Charpy ở nhiệt độ 20°C cao hơn 0,4J/mm² được đo theo tiêu chuẩn ISO 148-1:2006 (F) và ISO 148-1:2017(F). Theo phương án được ưu tiên, lượng cacbua là 0,6% hoặc nhỏ hơn hoặc thậm chí được ưu tiên là 0,5% hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, tấm thép được cán nóng và ủ 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 $Ceq = \%C + \%Si/55 + \%Cr/20 + \%Mn/19 - \%Al/18 + 2,2P\% - 3,24B\% - 0,133 * \%Mn * Mo\%$ trong đó các nguyên tố được tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

Tấm thép được cán nóng theo sáng chế có thể được sản xuất bằng phương pháp sản xuất thích hợp bất kỳ và 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 bao gồm các bước sau:

Bán thành phẩm có thể được cán nóng thêm có thành phần thép được mô tả trên đây. Bán thành phẩm này được nung nóng đến nhiệt độ từ 1150°C đến 1300°C, để dễ cán nóng, với nhiệt độ cán nóng cuối FRT từ 800°C đến 1000°C. Tốt hơn là, 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 Tcuộn từ 20°C đến 600°C. Sau đó, tấm thép được cán nóng này được làm nguội đến nhiệt độ phòng và có thể được tẩy gỉ.

Sau đó, tấm thép được cán nóng này được nung nóng đến nhiệt độ ủ T_{HBA} nằm trong khoảng từ Tc đến 680°C. Tc được tính thông qua công thức dưới đây, có giá trị đối với hàm lượng mangan trên 4% khối lượng:

$$Tc = Tec - (\%Mn - 4)/\%C$$

Tec là nhiệt độ hòa tan cacbua ở điều kiện cân bằng có thể được xác định thông qua các phép tính nhiệt động được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm như Thermo-

Calc® và %Mn và %C là thành phần khối lượng danh nghĩa của mangan và cacbon trong thép.

Tốt hơn là, nhiệt độ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 580°C đến 680°C. Tấm thép này được duy trì ở nhiệt độ T_{HBA} trong thời gian lưu t_{HBA} từ 0,1 đến 120 giờ để thúc đẩy sự khuếch tán mangan và tạo ra phân bố mangan không đồng đều.

T_{HBA} được chọn để thu được sau khi làm nguội, 10 - 60% austenit, 40 - 90% ferit và ít hơn 5% mactensit, phần cacbua được duy trì nhỏ hơn 0,8%. Cụ thể, việc lựa chọn thời gian và nhiệt độ thích hợp của quá trình ủ tới hạn như vậy phải xem xét các phân cacbua tối đa mà có thể đáp ứng được theo sáng chế, lưu ý rằng việc tăng T_{HBA} làm hạn chế mức độ kết tụ cacbua.

Về thành phần hóa học, lượng cacbon và nhôm trong thép càng cao, thì nồng độ của cacbua càng cao ở một nhiệt độ nhất định. Điều này có nghĩa là đối với hàm lượng cacbon và nhôm nằm ở phần trên của khoảng yêu cầu bảo hộ, thì T_{HBA} phải được tăng lên để hạn chế sự kết tụ cacbua.

Ngoài ra, lượng mangan trong thép càng thấp, thì nồng độ cacbua càng cao ở một nhiệt độ nhất định. Điều này có nghĩa là đối với hàm lượng mangan nằm ở phần dưới của khoảng yêu cầu bảo hộ, thì T_{HBA} phải được tăng lên để hạn chế sự kết tụ cacbua.

Sau đó, tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt được làm nguội đến nhiệt độ phòng và có thể được tẩy gỉ để loại bỏ các thành phần oxy hoá.

Sáng chế sẽ được minh họa bằng các ví dụ sau, các ví dụ này không nhằm làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Mười một loại thép, có thành phần được trình bày trong bảng 1, được đúc thành các bán thành phẩm và được gia công thành các tấm thép.

Bảng 1 - Thành phần thép thử nghiệm

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

Thép	C	Mn	Al	Mo	B	S	P	N	Si	Nb	Ti	Tec (°C)	Ceq	Ae1 (°C)	Ae3 (°C)
A	0,07	7,9	0,90	0,32	0,002	0,002	0,011	0,003	0	0,032	0,015	605	0,12	510	725
B	0,09	9,5	1,69	0,33	0,002	0,002	0,010	0,003	0	0,031	0,015	605	0,09	530	705
C	0,15	7,7	0,96	0,22	0,003	0,002	0,012	0,003	0,02	0	0,018	625	0,29	540	715
D	0,16	7,7	0,96	0,22	0,003	0,002	0,012	0,003	0,81	0	0,018	635	0,32	550	735
E	0,19	7,6	0,97	0,22	0,003	0,002	0,013	0,003	0,98	0	0,018	650	0,35	540	730
F	0,12	9,0	0,94	0,21	0,003	0,004	0,013	0,002	0,02	0	0,021	595	0,31	520	695
G	0,13	9,0	0,95	0,21	0,003	0,004	0,013	0,002	0,52	0	0,021	600	0,33	520	695
H	0,21	4,0	0,03	0,001	0	0,001	0,011	0,003	1,50	0	0	675	0,47	610	765
I	0,21	4,9	0,02	0	0	0,001	0,020	0,002	0,01	0	0	645	0,51	550	720
J	0,20	5,0	1,03	0	0	0,002	0,022	0,002	0,01	0	0	650	0,45	540	780
K	0,20	4,8	0,02	0	0	0,001	0,020	0,004	1,51	0	0	665	0,52	580	750

Các nhiệt độ Ae1, Ae3 và Tec được xác định bằng các phép tính nhiệt động được thực hiện bằng cách sử dụng phần mềm, như Thermo-Calc®.

Bảng 2 - Các thông số quy trình của các tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt

Các bán thành phẩm thép, dưới dạng đúc, được nung nóng lại ở nhiệt độ 1200°C, được cán nóng và sau đó được cuộn. Các tấm thép được cán nóng và cuộn này sau đó được xử lý nhiệt ở nhiệt độ T_{HBA} và được duy trì ở nhiệt độ này trong thời gian lưu t_{HBA} . Các điều kiện cụ thể sau để thu được các tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt được áp dụng:

Mẫu thử nghiệm	Thép	Cán nóng	Cuộn (°C)	Ủ dài nóng (HBA)		Tc (°C)
		FRT (°C)		T_{HBA} (°C)	t_{HBA} (giờ)	
1	A	900	450	640	10	547
2	A	850	450	630	40	547
3	A	850	450	650	40	547
4	A	850	450	-	-	547
5	B	900	450	640	10	544
6	C	850	450	514	15	600
7	C	850	450	547	15	600
8	C	850	450	589	15	600
9	C	850	450	616	15	600
10	C	850	450	630	15	600
11	C	850	450	630	40	600
12	C	850	450	650	40	600
13	D	850	450	558	15	611
14	D	850	450	582	15	612
15	D	850	450	602	15	612
16	D	850	450	630	15	612
17	D	850	450	630	40	612
18	D	850	450	650	40	612
19	E	850	450	592	15	631
20	E	850	450	624	15	631
21	E	850	450	630	15	631
22	F	850	450	521	15	554
23	F	850	450	558	15	554
24	F	850	450	568	15	554
25	F	850	450	611	15	554
26	F	850	450	631	15	554
27	G	850	450	529	15	562

<u>28</u>	G	850	450	<u>538</u>	15	562
<u>29</u>	G	850	450	568	15	562
<u>30</u>	G	850	450	586	15	562
<u>31</u>	G	850	450	624	15	562
<u>32</u>	G	850	450	631	15	562
<u>33</u>	<u>H</u>	900	30	<u>600</u>	5	675
<u>34</u>	<u>I</u>	930	580	<u>600</u>	5	641
<u>35</u>	<u>J</u>	930	580	<u>600</u>	5	645
<u>36</u>	<u>K</u>	930	450	<u>600</u>	5	661

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

Các tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt được phân tích, và các đặc tính tương ứng được trình bày trong bảng 3.

Bảng 3 - Vi cấu trúc và các đặc tính của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt

Phân bề mặt của các pha trong vi cấu trúc được xác định bằng phương pháp sau: mẫu thử được cắt từ tấm thép được cán nóng và ủ, được đánh bóng và được khắc ăn mòn bằng chất phản ứng đã biết trong lĩnh vực này, để làm lộ ra vi cấu trúc. Sau đó, bề mặt mẫu được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét, ví dụ bằng kính hiển vi điện tử quét với súng phát xạ trường ("FEG-SEM") ở độ phóng đại lớn hơn 5000x, ở chế độ điện tử thứ cấp.

Việc xác định phân bề mặt ferit được thực hiện bằng cách quan sát SEM sau khi khắc ăn mòn bằng chất phản ứng Nital hoặc Picral/Nital.

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

Phần cacbua được xác định nhờ mặt cắt của tấm được kiểm tra bằng kính hiển vi điện tử quét với súng phát xạ trường ("FEG-SEM") và phân tích hình ảnh ở độ phóng đại lớn hơn 15000x.

Mẫu thử nghiệm	Ferit (%)	Austenit (%)	Mactensit (%)	Cacbua (%)
1	66,0	34	0	0,0
2	65,0	35	0	0,0
3	57,0	43	0	0,0
<u>4</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>100</u>	0,0
5	54,0	46	0	0,0
<u>6</u>	<u>95,0</u>	<u>3</u>	0	<u>2,0</u>
<u>7</u>	<u>93,1</u>	<u>5</u>	0	<u>1,9</u>
<u>8</u>	84,1	15	0	<u>0,9</u>
9	73,4	26	0	0,6
10	67,5	32	0	0,5
11	60,5	39	0	0,5
12	53,9	46	0	0,1

<u>13</u>	<u>93,2</u>	<u>5</u>	0	<u>1,8</u>
<u>14</u>	88,9	10	0	<u>1,1</u>
<u>15</u>	81,1	18	0	<u>0,9</u>
<u>16</u>	69,4	30	0	<u>0,6</u>
<u>17</u>	63,4	36	0	<u>0,6</u>
<u>18</u>	55,8	44	0	<u>0,2</u>
<u>19</u>	84,4	14	0	<u>1,6</u>
<u>20</u>	72,8	26	0	<u>1,2</u>
<u>21</u>	68,9	30	0	<u>1,1</u>
<u>22</u>	<u>93,4</u>	<u>5</u>	0	<u>1,6</u>
<u>23</u>	79,4	20	0	<u>0,6</u>
<u>24</u>	76,6	23	0	<u>0,4</u>
<u>25</u>	67,0	33	0	0
<u>26</u>	60,0	40	0	0
<u>27</u>	<u>91,4</u>	<u>7</u>	0	<u>1,6</u>
<u>28</u>	87,2	12	0	<u>0,8</u>
<u>29</u>	81,4	18	0	<u>0,6</u>
<u>30</u>	71,7	28	0	<u>0,3</u>
<u>31</u>	60,0	40	0	0
<u>32</u>	58,0	42	0	0
<u>33</u>	<u>97,2</u>	<u>0</u>	0	<u>2,8</u>
<u>34</u>	<u>94,2</u>	<u>3</u>	0	<u>2,8</u>
<u>35</u>	<u>97,3</u>	<u>0</u>	0	<u>2,7</u>
<u>36</u>	<u>97,2</u>	<u>0</u>	0	<u>2,8</u>

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

Độ dốc của đường cong phân bố mangan và năng lượng va đập Charpy ở nhiệt độ 20°C được xác định.

Năng lượng va đập Charpy được đo theo tiêu chuẩn ISO 148-1:2006 (F) và ISO 148-1:2017(F).

Việc xử lý nhiệt tấm thép được cán nóng này cho phép mangan khuếch tán trong austenit: sự tái phân bố mangan là không đồng đều với 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 xác định được từ biên dạng của đường cong phân bố mangan.

Fig.1 là hình ảnh thể hiện mặt cắt của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt của mẫu thử nghiệm 1 và mẫu thử nghiệm 4. 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.

Hình vẽ này thu được thông qua phương pháp sau: mẫu thử được cắt từ tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt ở mức 1/4 chiều 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”) ở độ phóng đại lớn hơn lớn hơn 10000x để xác định hàm lượng mangan. Thu được 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 cho mỗi điểm ảnh và sau đó được vẽ đồ thị thành đường cong biểu diễn phần diện tích tích lũy của ba bản đồ dưới dạng hàm số của hàm lượng mangan.

Đường cong này được thể hiện trên Fig.2 đối với mẫu thử nghiệm 1 và mẫu thử nghiệm 4: 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 toán giữa điểm tương ứng với 80% phần diện tích tích lũy và điểm tương ứng với 20% phần diện tích tích lũy. Đối với mẫu thử nghiệm 1, độ dốc này là cao hơn -40, cho thấy rằng sự tái phân bố mangan là không đồng đều, với các vùng có hàm lượng mangan thấp và các vùng có hàm lượng mangan cao.

Trái lại, đối với mẫu thử nghiệm 4, việc không xử lý nhiệt sau khi cán nóng cho thấy rằng sự tái phân bố mangan là không đồng đều, điều này có thể thấy từ giá trị của độ dốc của đường cong phân bố mangan thấp hơn -40.

Mẫu thử nghiệm	Độ dốc của đường phân bố Mn	Năng lượng Charpy (J/mm^2)
1	-13	1,22
2	-24,9	1,26
3	-27	1,30
4	-69	0,91
5	-12,4	1,20
6	-60	0,19
7	-55	0,25
8	-40	0,32
9	-25	0,47
10	-19,5	0,53
11	-26,6	0,68
12	-28	0,78
13	-55	0,19
14	-45	0,26
15	-35	0,32
16	-20,5	0,42
17	-22,4	0,51
18	-25	0,65
19	-40	0,19
20	-25	0,26
21	-22	0,32
22	-55	0,32
23	-30	0,46

24	-25	0,49
25	-19	0,58
26	-13,5	0,62
27	-50	0,32
28	-44	0,38
29	-35	0,44
30	-23	0,44
31	-15	0,53
32	-13,5	0,63
33	-60	0,21
34	-60	0,12
35	-60	0,13
36	-60	0,05

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

Đối với các mẫu thử nghiệm 6 và 7, nhiệt độ T_{HBA} thấp hơn đáng kể so với T_c , dẫn đến sự tạo thành quá nhiều cacbua, điều này dẫn đến việc làm tăng độ bền nhưng làm giảm độ dai. Ngoài ra, phần thể tích nhỏ của austenit (<10%) không đủ để bao phủ rất cả các biên hạt mà rất giàu mangan, dẫn đến hiện tượng giòn biên hạt, và do vậy làm giảm độ dai.

Đối với mẫu thử nghiệm 8, được thực hiện ở nhiệt độ T_{HBA} tương đối cao hơn (nhưng vẫn thấp hơn T_c), cacbua có xu hướng phát triển dọc theo biên hạt austenit trước đó, điều này làm giảm độ dai.

Các mẫu thử nghiệm 13, 14, 15, 19, 20, 21, 22, 27, 28, 33, 34, 35, 36 cho thấy các xu hướng tương tự và cũng bao gồm quá nhiều cacbua.

Bảng 4 - Khả năng chịu hàn của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt

Khả năng chịu hàn của tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt được xác định và được tập hợp trong bảng dưới đây.

Việc hàn điểm trong điều kiện tiêu chuẩn ISO 18278-2 được thực hiện trên các tấm thép được cán nóng và ủ, chúng được tẩy gỉ trước khi hàn.

Trong các thử nghiệm này, các mẫu bao 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 ngang (Cross Tensile Strength (CTS)), được đo bằng daN. Nó phụ thuộc vào đường kính của mối hàn điểm và chiều dày của tấm thép, tức là chiều dày của thép và lớp phủ kim loại. Từ đó có thể tính được hệ số α là tỷ số giữa giá trị CTS trên tích số của đường kính điểm hàn nhân với chiều dày của tấm nền. Hệ số này được đo bằng daN/mm².

Mỗi hàn điểm điện trở nối tấm thứ nhất với tấm thứ hai được đặc trưng bởi độ bền cao trong thử nghiệm độ bền kéo ngang được xác định bằng giá trị α ít nhất là 30 daN/mm².

Mẫu thử nghiệm	α (daN/mm ²)	Chỉ số LME
1	60	0,07
2	60	0,07
3	60	0,07
4	60	0,07
5	63	0,09
6	40	0,16
7	40	0,16
8	40	0,16
9	40	0,16
10	40	0,16
11	40	0,16
12	40	0,16
13	40	0,36
14	40	0,36
15	40	0,36
16	40	0,36
17	40	0,36
18	40	0,36
<u>19</u>	<u>28</u>	<u>0,44</u>
<u>20</u>	<u>28</u>	<u>0,44</u>
<u>21</u>	<u>28</u>	<u>0,44</u>
22	48	0,13
23	48	0,13
24	48	0,13
25	48	0,13
26	48	0,13
27	46	0,26
28	46	0,26
29	46	0,26
30	46	0,26
31	46	0,26
32	46	0,26
<u>33</u>	30	<u>0,59</u>
<u>34</u>	<u>21</u>	0,21
<u>35</u>	<u>28</u>	0,20
<u>36</u>	<u>24</u>	<u>0,58</u>

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

Chỉ số LME = %C + Si%/4,

Trong các mẫu thử nghiệm 19, 20, 21, 33, 34, 35 và 36, thành phần hoá học không cho phép thu được khả năng chịu hàn mục tiêu của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt, 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%; 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, tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng: Al < 3%; $Si \leq 1,20\%$; $Ti \leq 0,050\%$; $Nb \leq 0,050\%$; $Cr \leq 0,5\%$; phần còn lại của thành phần thép này là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi tạo ra từ quá trình tinh luyện, tấm thép này có vi cấu trúc bao gồm, ở phần bề mặt: từ 10% đến 60% austenit dư, từ 40% đến 90% ferit, ít hơn 5% mactensit, cacbua nhỏ hơn 0,8%, và sự tái phân bố không đồng đều của mangan, được đặc trưng bởi đường cong phân bố mangan có độ dốc lớn hơn hoặc bằng -40, đường cong phân bố mangan thu được bằng cách vẽ đồ thị, dưới dạng hàm số của hàm lượng mangan, phần diện tích tích lũy của ba bản đồ thu được từ các vùng khác nhau của mặt cắt của tấm thép này, bao gồm các điểm ảnh trong đó hàm lượng mangan được tính toán, và độ dốc của đường cong này được tính toán giữa điểm tương ứng với 80% phần diện tích tích lũy và điểm tương ứng với 20% phần diện tích tích lũy, và có năng lượng va đập Charpy ở nhiệt độ 20°C lớn hơn 0,4J/mm², được đo theo tiêu chuẩn ISO 148-1:2006 (F) và ISO 148-1:2017(F).

2. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm 1, trong đó tấm thép này bao gồm cacbua với lượng 0,6% hoặc nhỏ hơn.

3. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm 2, trong đó tấm thép này bao gồm cacbua với lượng 0,5% hoặc nhỏ hơn.

4. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 hoặc 3, trong đó hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,15%.

5. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 4, trong đó hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 6,0% đến 9,0%.

6. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 5, trong đó hàm lượng nhôm nằm trong khoảng từ 0,2% đến 2,5%.

7. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 6, trong đó chỉ số hóa giòn khi tiếp xúc với kim loại lỏng, tức là chỉ số LME (liquid metal

embrittlement index-LME index) mà được tính theo công thức chỉ số $LME = \%C + \%Si/4$ bằng 0,36 hoặc nhỏ hơn, và $\%C$ và $\%Si$ được tính theo % khối lượng.

8. Tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 7, trong đó tấm thép này có đương lượng cacbon C_{eq} nhỏ hơn 0,4, đương lượng cacbon này được xác định theo công thức: $C_{eq} = \%C + \%Si/55 + \%Cr/20 + \%Mn/19 - \%Al/18 + 2,2P\% - 3,24B\% - 0,133x\%MnxMo\%$, trong đó các nguyên tố được tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng.

9. Mỗi hàn điểm điện trở nối hai chi tiết thép làm từ tấm thép được cán nóng và xử lý nhiệt theo điểm bất kỳ trong số các điểm 1 đến 8, mỗi hàn điểm điện trở này được thực hiện theo tiêu chuẩn ISO 18278-2 có giá trị α ít nhất là 30 daN/mm², α là tỷ số giữa giá trị của lực được tác động vào để phá vỡ điểm hàn, lực này được gọi là độ bền kéo ngang (Cross Tensile Strength-CTS), trên tích số của đường kính của điểm hàn nhân với chiều dày của tấm nền.

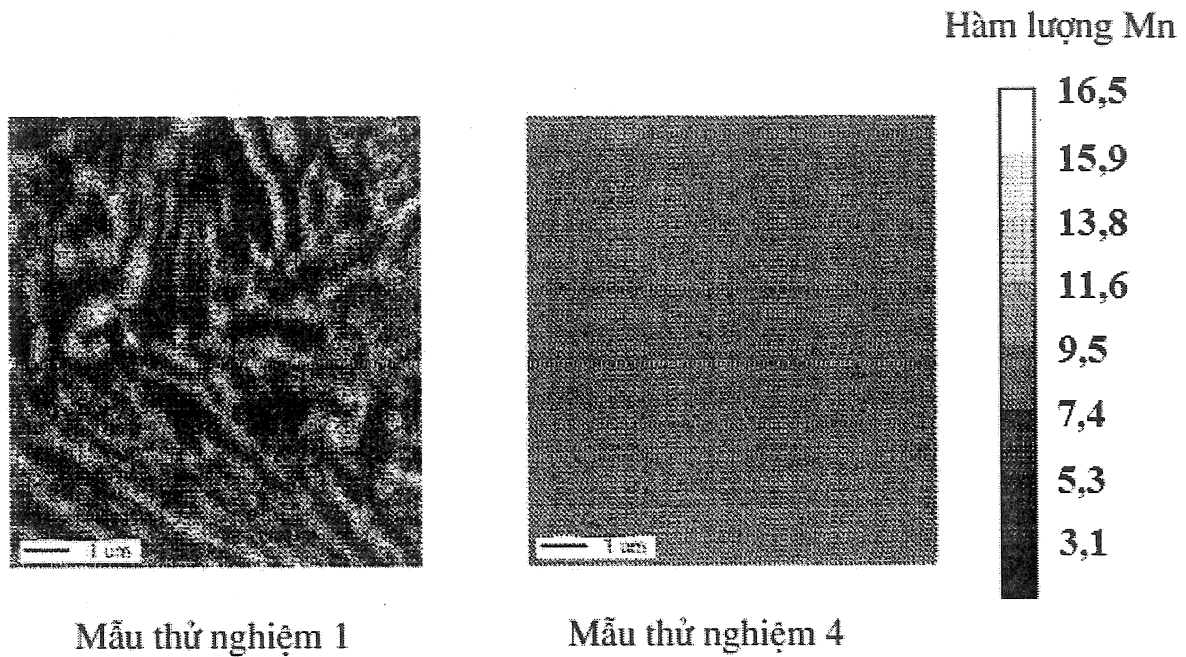


Fig.1

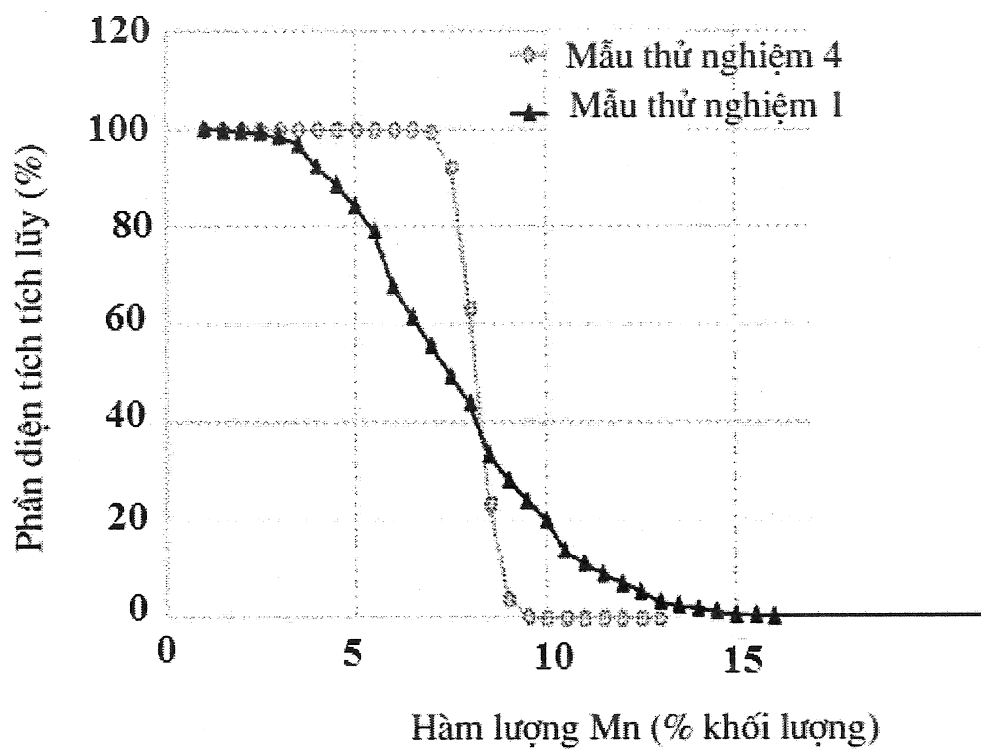


Fig.2