



(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)



1-0040246

(51)^{2020.01} C22C 38/58; C23C 2/06; B23K 35/02; (13) B
B23K 35/28; B23K 35/30; C21D 1/76;
C21D 9/46; C21D 9/56; C22C 38/02;
C22C 38/06; C22C 38/44; C22C 38/48;
C22C 38/50; C22C 38/54; B23K 103/04;
B23K 11/11

(21) 1-2020-02304

(22) 15/11/2018

(86) PCT/IB2018/058991 15/11/2018

(87) WO 2019/097440 23/05/2019

(30) PCT/IB2017/057196 17/11/2017 WO

(45) 25/06/2024 435

(43) 25/09/2020 390

(73) ARCELORMITTAL (LU)

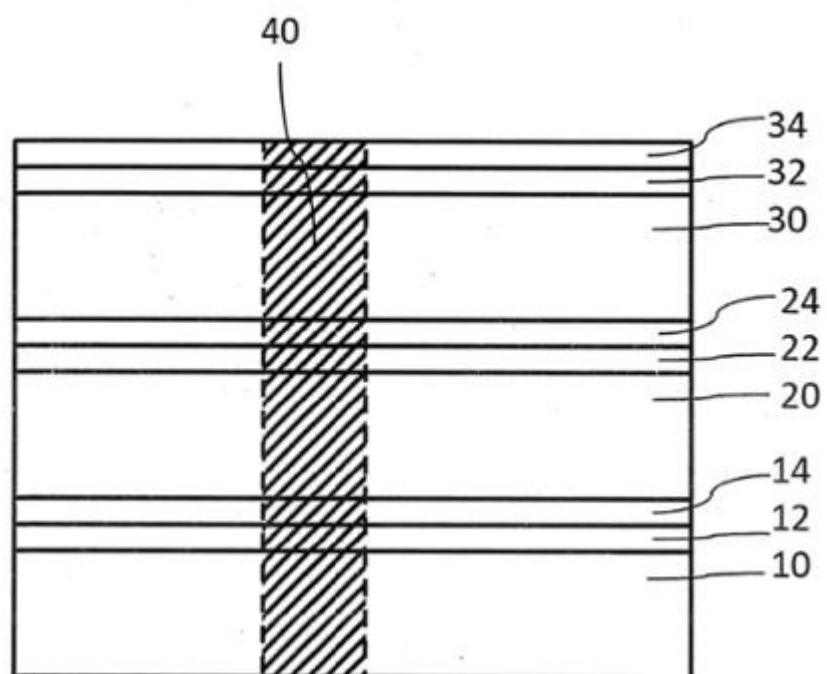
24-26, Boulevard d'Avranches L-1160 Luxembourg, LUXEMBOURG

(72) CHAKRABORTY, Anirban (IN); Hassan GHASSEMI-ARMAKI (US); Pascal BERTHO (FR); Christian ALLELY (FR).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP TẤM CÓ LỚP PHỦ KẼM CÓ KHẢ NĂNG
CHỐNG SỰ HOÁ GIÒN CỦA KIM LOẠI LỎNG

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ bao gồm lần lượt các bước sau: A. phủ thép tấm bằng lớp phủ thứ nhất chứa niken và có độ dày nằm trong khoảng từ 600nm đến 1400nm, thép tấm này có thành phần hoá học tính theo khối lượng sau: $0,10 < C < 0,40\%$, $1,5 < Mn < 3,0\%$, $0,7 < Si < 3,0\%$, $0,05 < Al < 1,0\%$, $0,75 < (Si+Al) < 3,0\%$, và trên cơ sở hoàn toàn tùy ý, một hoặc nhiều nguyên tố như $Nb \leq 0,5\%$, $B \leq 0,010\%$, $Cr \leq 1,0\%$, $Mo \leq 0,50\%$, $Ni \leq 1,0\%$, $Ti \leq 0,5\%$, lượng còn lại của thành phần này là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quy trình sản xuất; B. ủ tái kết tinh ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 820 đến 1200°C, C. phủ lớp phủ thứ hai chủ yếu chứa kẽm mà không chứa niken.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ chủ yếu chứa kẽm. Sáng chế này đặc biệt phù hợp để sản xuất xe ô tô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, các lớp phủ chủ yếu chứa kẽm được sử dụng vì chúng cho phép tạo ra sự bảo vệ chống ăn mòn, nhờ sự bảo vệ kiểu rào chắn cũng như sự bảo vệ kiểu catốt. Hiệu ứng rào chắn được tạo ra bởi việc phủ một lớp phủ kim loại trên bề mặt của thép. Do vậy, lớp phủ kim loại ngăn không cho thép tiếp xúc với môi trường ăn mòn. Hiệu ứng rào chắn này không phụ thuộc vào bản chất của lớp phủ và nền. Trái lại, sự bảo vệ kiểu ăn mòn catốt dựa trên việc kẽm là một kim loại không quý bằng thép. Do vậy, nếu sự ăn mòn xảy ra, thì kẽm bị ăn mòn trước thép. Sự bảo vệ kiểu catốt là cần thiết ở những nơi thép tiếp xúc trực tiếp với môi trường ăn mòn, như các mép cắt nơi kẽm bao quanh sẽ bị ăn mòn trước thép.

Tuy nhiên, khi các bước nung nóng được thực hiện đối với thép tấm có lớp phủ kẽm như vậy, ví dụ, tôi cứng bằng cách ép nóng, hàn, các vết nứt đã xuất hiện trong thép mà lan ra từ mặt phân cách thép/lớp phủ. Thực vậy, đôi khi, có sự giảm các tính chất cơ học như độ dẻo do sự có mặt của các vết nứt trong thép tấm có lớp phủ sau công đoạn nêu trên. Các vết nứt này xuất hiện trong các điều kiện sau: nhiệt độ cao; tiếp xúc với kim loại lỏng có điểm nóng chảy thấp (như kẽm) ngoài sự có mặt của ứng suất kéo; sự khuếch tán không đồng nhất của kim loại nóng chảy trong hạt nền và biên hạt. Sự biểu hiện của hiện tượng này là sự hoá giòn của kim loại lỏng (LME: liquid metal embrittlement), còn được gọi là hiện tượng giòn do kim loại lỏng gây ra (LMAC: liquid metal assisted cracking).

Đơn yêu cầu cấp patent JPS589965 mô tả thép tấm đã được xử lý bề mặt được tạo ra bằng cách mạ điện cả hai bề mặt của thép tấm bằng lớp mạ bất kỳ trong số các lớp mạ Ni, Cr, Zn, hợp kim Zn-Ni hoặc hợp kim Sn-Ni, và nung nóng trong môi trường không oxy hoá để tạo ra lớp khuếch tán của kim loại mạ

trong thép nền, và một bề mặt của thép tấm thu được này được mạ kẽm nóng để tạo ra lớp mạ kẽm. Theo giải pháp này, trọng lượng của lớp mạ kẽm có thể giảm, là điều có lợi xét về khả năng dễ hàn và hiệu quả kinh tế.

Thực vậy, đơn yêu cầu cấp patent nêu trên mô tả thép tấm đã được xử lý bề mặt có khả năng dễ hàn được cải thiện chỉ nhờ việc làm giảm trọng lượng của lớp phủ kẽm. Ngoài ra, nó hoàn toàn không đề cập đến việc cải thiện khả năng chống LME, đặc biệt là đối với các thép cường độ cao có các nguyên tố hợp kim bao gồm Mn, Al và Si.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất thép tấm có lớp phủ mà có đặc tính chống LME cao. Nó nhằm mục đích đề xuất một phương pháp khả thi, đặc biệt là, dễ thực hiện để tạo ra tổ hợp mà không có vấn đề về khả năng chống LME đặc biệt là sau khi tạo hình bằng cách ép nóng và/hoặc hàn.

Mục đích của sáng chế đạt được nhờ việc đề xuất phương pháp như được xác định theo điểm 1 Yêu cầu bảo hộ. Phương pháp này cũng có thể có các dấu hiệu bất kỳ như được xác định theo các điểm 2 tới 10 Yêu cầu bảo hộ.

Các dấu hiệu và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn thông qua phần mô tả chi tiết sáng chế.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện một ví dụ không nhằm giới hạn về mỗi hàn điểm của các thép tấm có lớp phủ theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thuật ngữ “thép” hoặc “thép tấm” được dùng để chỉ thép tấm, cuộn thép, tấm thép có thành phần sao cho chi tiết làm bằng nó độ bền kéo tối đa 2500MPa và tốt hơn nữa là tối đa 2000MPa. Ví dụ, độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 500MPa, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 980MPa, có lợi nếu lớn hơn hoặc bằng 1180MPa và thậm chí lớn hơn hoặc bằng 1470MPa.

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ bao gồm lần lượt các bước sau:

A. phủ thép tấm bằng lớp phủ thứ nhất chứa niken và có độ dày nằm trong khoảng từ 600nm đến 1400nm, thép tấm này có thành phần hoá học tính theo phần trăm khối lượng sau:

$$0,10 < C < 0,40\%,$$

$$1,5 < Mn < 3,0\%,$$

$$0,7 < Si < 3,0\%,$$

$$0,05 < Al < 1,0\%,$$

$$0,75 < (Si+Al) < 3,0 \%,$$

và trên cơ sở hoàn toàn tùy ý, một hoặc nhiều nguyên tố như

$$Nb \leq 0,5 \%,$$

$$B \leq 0,010\%,$$

$$Cr \leq 1,0\%,$$

$$Mo \leq 0,50\%,$$

$$Ni \leq 1,0\%,$$

$$Ti \leq 0,5\%,$$

lượng còn lại của thành phần này là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quy trình sản xuất,

B. ủ tái kết tinh thép tấm có lớp phủ này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 820 đến 1200°C,

C phủ thép tấm thu được ở bước B) bằng lớp phủ thứ hai chủ yếu chứa kẽm mà không chứa niken.

Mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết bất kỳ, song dường như là để tạo ra thép tấm có thành phần đặc biệt nêu trên cùng với khả năng chống LME cao, một dấu hiệu chủ yếu là phải kết lắng lớp phủ thứ nhất chứa niken trên thép tấm này trước khi ủ tái kết tinh. Trong quá trình ủ tái kết tinh, việc Ni khuếch tán về phía thép tấm nền cho phép tạo ra một lớp hợp kim Fe-Ni. Thực vậy, một lớp giàu Ni tập trung ở vùng bề mặt và dưới bề mặt của thép tấm và do vậy ngăn không cho kẽm lỏng thấm vào thép trong các bước nung nóng bất kỳ như hàn. Do

vậy, bằng cách áp dụng phương pháp theo sáng chế, có thể tạo ra được một lớp chắn hoặc lớp rào chắn hoặc đệm có khả năng chống LME.

Nếu lớp phủ thứ nhất làm bằng niken có độ dày thấp hơn 600nm, có khả năng là đặc tính chống LME của thép tấm có lớp phủ cụ thể nêu trên bị giảm đáng kể. Thực vậy, dường như là Ni có mặt trong vùng bề mặt và dưới bề mặt của thép tấm không đủ để tạo ra lớp rào chắn chống LME.

Với thành phần thép nêu trên, nếu lớp phủ thứ nhất làm bằng niken có độ dày lớn hơn 1400nm, thì sau khi ủ tái kết tinh, hàm lượng sắt trong lớp hợp kim Fe-Ni mà đã được tạo ra trong vùng bề mặt và dưới bề mặt sẽ rất thấp và không đủ để tạo ra sự ngăn chặn trong quy trình mạ kẽm nóng tiếp theo. Do sự có mặt của Ni với hàm lượng cao, một lượng đáng kể của Ni sẽ khuếch tán vào trong nền thép trong quá trình ủ tái kết tinh và mặt khác, do không có mặt lớp chặn, nên Ni cũng khuếch tán vào trong lớp mạ kẽm. Do sự có mặt của Ni với hàm lượng cao trong lớp phủ, nên đặc tính chống LME thấp. Ngoài ra, chất lượng của lớp mạ kẽm là kém do không có mặt lớp chặn cùng với việc có mặt hàm lượng cao của Ni trong lớp phủ này.

Lớp phủ thứ nhất làm bằng niken, tức là hàm lượng Ni trên 99% khối lượng và dưới 1% là các tạp chất khó tránh khỏi.

Lớp phủ thứ nhất này có thể được kết lắng theo phương pháp kết lắng bất kỳ đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này. Nó có thể được kết lắng bằng cách kết lắng chân không hoặc mạ điện hoặc phương pháp phủ lăn. Tốt hơn, nếu nó được kết lắng bởi phương pháp mạ điện.

Tốt hơn, nếu ở bước A), lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 600 đến 950nm. Tốt hơn, nếu ở bước A), lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 600 đến 750nm hoặc nằm trong khoảng từ 750 đến 950nm.

Tốt hơn, nếu ở bước B), việc ủ tái kết tinh là việc ủ liên tục mà bao gồm các bước nung nóng sơ bộ, nung nóng, giữ nhiệt độ và làm nguội.

Có lợi, nếu việc ủ tái kết tinh được thực hiện trong môi trường có 1 tới 30% H_2 có điểm sương nằm trong khoảng từ -60 đến $+30^{\circ}C$ hoặc điểm sương thấp hơn $60^{\circ}C$. Ví dụ, môi trường này có 1 tới 10% H_2 có điểm sương nằm trong khoảng từ $-60^{\circ}C$ đến $-30^{\circ}C$. Theo một phương án khác, việc ủ tái kết tinh này

được thực hiện trong môi trường có 1 tới 30% H_2 có điểm sương nằm trong khoảng từ -30 đến $+30^\circ C$. Tốt hơn, nếu việc ủ tái kết tinh này được thực hiện trong môi trường có 1 tới 30% H_2 có điểm sương nằm trong khoảng từ -10 đến $+10^\circ C$. Thực vậy, mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết bất kỳ, song điều được tin chắc là điểm sương này cũng cải thiện khả năng dễ phủ của thép tấm theo sáng chế mà không làm giảm đáng kể tính chất cơ học bất kỳ.

Có lợi, nếu ở bước C), lớp phủ thứ hai này chứa kẽm với lượng lớn hơn 50%, tốt hơn nữa là lớn hơn 75% và có lợi nếu trên 90% kẽm. Lớp phủ thứ hai này có thể được kết lắng theo phương pháp kết lắng bất kỳ đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Nó có thể được phủ bằng cách phủ nhúng nóng, bằng cách kết lắng chân không hoặc bằng cách mạ điện.

Ví dụ, lớp phủ chủ yếu chứa kẽm này chứa 0,01 tới 8,0% Al, tùy ý 0,2 tới 8,0% Mg, lượng còn lại là của Zn.

Tốt hơn, nếu lớp phủ chủ yếu chứa kẽm được kết lắng theo phương pháp mạ kẽm nóng. Theo phương pháp này, bể mạ nóng chảy có thể còn chứa các tạp chất khó tránh khỏi và các nguyên tố tồn dư từ thời liệu cấp hoặc từ hành trình của thép tấm trong bể mạ nóng chảy này. Ví dụ, các tạp chất tùy ý này được chọn trong số Sr, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Zr hoặc Bi, hàm lượng tính theo khối lượng của mỗi nguyên tố bổ sung này là thấp hơn 0,3% khối lượng. Các nguyên tố tồn dư từ các thời liệu cấp hoặc từ hành trình của thép tấm trong bể mạ nóng chảy này có thể là sắt với hàm lượng tối đa 5,0%, tốt hơn là 3,0% khối lượng.

Theo một phương án được ưu tiên, lớp phủ thứ hai làm bằng kẽm. Khi lớp phủ này được kết lắng bởi quy trình mạ kẽm nóng, hàm lượng Al chiếm 0,15 tới 0,40% khối lượng trong bể mạ. Ngoài ra, sắt có mặt trong lớp phủ thứ nhất sau khi ủ tái kết tinh sẽ phản ứng với nhôm và tạo ra lớp chắn. Do vậy, nó tạo ra khả năng thấm ướt hoạt tính cao trong quá trình mạ kẽm nóng.

Bằng phương pháp theo sáng chế, tạo ra được thép tấm có lớp phủ hợp kim đã được khuếch tán chứa sắt và niken được tạo nhờ sự khuếch tán của niken vào thép, lớp này được phủ ngay trên đó bởi lớp chủ yếu chứa kẽm. Điều được tin

chắc là lớp hợp kim đã được khuếch tán có tác dụng làm lớp rào chắn chống LME.

Tốt hơn, nếu thép tấm này có vi cấu trúc chứa 1 tới 50% austenit tồn dư, 1 tới 60% mactensit và tùy ý ít nhất một nguyên tố được chọn trong số: bainit, ferit, xementit và peclit. Trong trường hợp đó, mactensit này có thể được ram hoặc không được ram.

Theo một phương án được ưu tiên, thép tấm này có vi cấu trúc chứa 5 tới 45% austenit tồn dư.

Tốt hơn, nếu thép tấm này có vi cấu trúc chứa 1 60% và tốt hơn nữa là 10 tới 60% mactensit đã được ram.

Có lợi, nếu thép tấm này có vi cấu trúc chứa 10 tới 40% bainit, trong đó bainit này gồm 10 tới 20% bainit thấp, 0 tới 15% bainit cao và 0 tới 5% bainit không cacbua.

Tốt hơn, nếu thép tấm này có vi cấu trúc chứa 1 tới 25% ferit.

Tốt hơn, nếu thép tấm này có vi cấu trúc chứa 1 tới 15% mactensit không được ram.

Có lợi, nếu thép tấm này có lớp được loại cacbon có độ sâu lớn nhất là 40µm, tốt hơn nữa nếu tối đa là 30µm và tốt hơn nữa nếu tối đa là 20µm ở cả hai phía của của vùng dưới bề mặt. Lớp được loại cacbon được xác định theo tiêu chuẩn ISO 3887:2017. Thực vậy, mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết bất kỳ, song điều được tin chắc là lớp được loại cacbon này cũng cải thiện khả năng chống LME mà không làm giảm đáng kể các tính chất cơ học của thép tấm.

Tốt hơn, nếu lớp oxit bên trong có độ dày nhỏ hơn hoặc bằng 5µm có mặt trong thép tấm này. Mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết bất kỳ, song điều được tin chắc là lớp oxit này mang lại khả năng dễ phủ tốt cho lớp mạ kẽm do lớp chặn liên tục Fe_2Al_3 được tạo ra có khả năng thấm ướt hoạt tính cao.

Sau khi sản xuất thép tấm, để tạo ra một số chi tiết của ô tô, đã biết đến việc lắp ráp bằng cách hàn hoặc nhiều tấm kim loại với nhau. Do vậy, mỗi hàn điểm được tạo ra trong quá trình hàn hàn ít nhất hai tấm kim loại, mỗi hàn điểm này liên kết giữa ít nhất hai tấm kim loại này.

Để tạo ra mỗi hàn điểm theo sáng chế, việc hàn được thực hiện với cường độ dòng điện hàn hiệu dụng nằm trong khoảng từ 3kA đến 15kA và lực tác động lên điện cực hàn nằm trong khoảng từ 150 đến 850daN với đường kính mặt làm việc của điện cực nằm trong khoảng từ 4 đến 10mm.

Do vậy, mỗi hàn điểm của ít nhất hai tấm kim loại bao gồm ít nhất một tấm là thép tấm có lớp phủ theo sáng chế, được tạo ra. Mỗi hàn này có số lượng vết nứt có độ dài lớn hơn 100 μ m là ít hơn 2 và trong đó vết nứt dài nhất có độ dài nhỏ hơn 450 μ m.

Tốt hơn, nếu tấm kim loại thứ hai là tấm thép hoặc tấm nhôm. Tốt hơn nữa là, tấm thép kim loại thứ hai này là thép tấm theo sáng chế.

Theo một phương án khác, mỗi hàn điểm này bao gồm tấm kim loại thứ ba là tấm thép hoặc tấm nhôm. Ví dụ, tấm kim loại thứ ba này là thép tấm theo sáng chế.

Thép tấm hoặc mỗi hàn điểm theo sáng chế có thể được sử dụng cho việc sản xuất các chi tiết của ô tô.

Sáng chế tiếp theo sẽ được giải thích trong các thử nghiệm chỉ nhằm mục đích minh họa sáng chế. Chúng không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1: Tối ưu hoá độ dày lớp phủ Ni liên quan đến đặc tính chống LME

Đối với tất cả các mẫu, các tấm thép được sử dụng có thành phần hoá học tính theo phần trăm khối lượng: C=0,37%, Mn=1,9%, Si=1,9%, Cr=0,35%, Al=0,05% và Mo=0,1%.

Trong thử nghiệm 1, thép được ủ trong môi trường gồm 5% H₂ và 95% N₂ có điểm sương là -45°C. Việc ủ được thực hiện ở 900°C trong 132 giây. Sau đó, thép được tôi ở 210°C trước khi được phân hóa ở 410°C trong 88 giây. Cuối cùng, các tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Trên các tấm thép đã được ủ này, lớp phủ kẽm được phủ bởi phương pháp mạ điện.

Trong các thử nghiệm 2 tới 6, Ni được kết lắng đầu tiên bởi phương pháp mạ điện lần lượt có độ dày 150, 400, 650, 900nm và 1600nm trên các tấm thép cứng hoàn toàn trước khi ủ. Sau đó, các tấm thép có lớp phủ lót này được ủ

trong môi trường gồm 5% H₂ và 95% N₂ có điểm sương là -45°C. Việc ủ này được thực hiện ở 900°C trong 132 giây. Khi kết thúc quá trình ủ, các tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ tối là 210°C và được nung nóng một lần nữa ở nhiệt độ phân hóa of 410°C. Partitioning được thực hiện trong 88 giây và tiếp đó được nung nóng một lần nữa tới lên tới nhiệt độ mạ kẽm là 460°C và lớp phủ kẽm được phủ bởi phương pháp mạ kẽm nóng bằng cách sử dụng dung dịch mạ kẽm lỏng chứa 0,20% khối lượng Al đã được duy trì ở 460°C. Mục đích của thử nghiệm nêu trên là để xác định độ dày lớp phủ Ni tối ưu để có đặc tính chống LME rất tốt. Tính nhạy cảm LME của thép có lớp phủ nêu trên được đánh giá bằng phương pháp hàn điểm điện trở. Nhằm mục đích đó, đối với mỗi thử nghiệm, ba tấm thép có lớp phủ được hàn vào nhau bằng cách hàn điểm điện trở. Loại điện cực là ISO Type B có đường kính 6mm; lực tác động của điện cực là 5kN và lưu lượng nước là 1,5g/phút. Chu trình hàn được thể hiện trong bảng 1

Bảng 1

Tiến trình hàn để xác định độ dày lớp phủ Ni tối ưu

Thời gian hàn	Xung	Xung (theo chu trình)	Thời gian làm nguội (theo chu trình)	Thời gian giữ (theo chu trình)
Chu trình	2	12	2	15

Đặc tính chống nứt LME được đánh giá bằng cách áp dụng điều kiện xếp chồng ba lớp. Số lượng vết nứt có độ dài lớn hơn 100µm sau đó được đánh giá nhờ sử dụng kính hiển vi quang học như được liệt kê trong bảng 2.

Bảng 2

Chi tiết các vết nứt LME sau khi hàn điểm (điều kiện xếp chồng ba lớp) đối với thử nghiệm 1 tới 6

Thử nghiệm	Điểm sương (°C)	Lớp phủ thứ nhất	Lớp phủ thứ hai	Số lượng vết nứt (>100 µm) trên một	Độ dài vết nứt lớn nhất (µm)
------------	-----------------	------------------	-----------------	-------------------------------------	------------------------------

				mỗi hàn điểm	
Thử thử nghiệm 1	-45°C	-	Zn (EG)	<u>7</u>	<u>850</u>
Thử thử nghiệm 2	-45°C	Ni (150nm)	Zn (GI)	<u>3</u>	<u>620</u>
Thử thử nghiệm 3	-45°C	Ni (400nm)	Zn (GI)	2	<u>500</u>
Thử thử nghiệm 4*	-45°C	Ni (650nm)	Zn (GI)	2	420
Thử thử nghiệm 5*	-45°C	Ni (900nm)	Zn (GI)	1	420
Thử thử nghiệm 6	-45°C	Ni (1600nm)	Zn (GI)	1	<u>680</u>

*: theo sáng chế.

Thử nghiệm 4 và 5 theo sáng chế thể hiện khả năng chống LME rất tốt so với các thử nghiệm 1, 2, 3 và 6. Thực vậy, số lượng vết nứt có độ dài lớn hơn 100µm là ít hơn hoặc bằng 2 và vết nứt dài nhất có độ dài nhỏ hơn 450µm. Nó dẫn đến việc làm giảm lượng nhiệt đầu vào trong quá trình hàn điểm và do vậy làm giảm đáng kể chỉ số tạo vết nứt do LME.

Đặc tính chống vết nứt do LME cũng được đánh giá bằng cách sử dụng các điều kiện xếp chồng hai lớp đối với các thử nghiệm 1, 4 và 5. Trong điều kiện đó, hai tấm thép có lớp phủ được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở. Số lượng vết nứt có độ dài lớn hơn 100µm tiếp đó được đánh giá bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học như được liệt kê trong bảng 3.

Bảng 3

Chi tiết vết nứt LME sau khi hàn điểm (các điều kiện xếp chồng hai lớp) đối với thử nghiệm 1, 4 và 5

Thử thử nghiệm	Số lượng vết nứt (>100 µm) trên một mỗi hàn điểm	Độ dài vết nứt lớn nhất (µm)
-------------------	---	---------------------------------

Thử nghiệm 1	<u>3</u>	<u>750</u>
Thử nghiệm 4*	1	170
Thử nghiệm 5*	1	300

*: theo sáng chế.

Thử nghiệm 4 và 5 theo sáng chế thể hiện khả năng chống LME rất tốt so với thử nghiệm 1. Thực vậy, số lượng vết nứt có độ dài lớn hơn 100 μ m bằng 1 và vết nứt dài nhất có độ dài là 300 μ m. Nó dẫn đến việc làm giảm lượng nhiệt đầu vào trong quá trình hàn điểm và do vậy làm giảm đáng kể chỉ số tạo vết nứt do LME.

Từ thử nghiệm trên, đặc tính chống LME rất tốt đã được nhận thấy khi độ dày của lớp phủ Ni được duy trì nằm trong khoảng từ 600 đến 1400nm. Nhằm tăng cường khả năng chống LME hơn nữa, vùng dưới bề mặt của tấm thép được làm biến đổi bằng cách tạo ra lớp được loại cacbon. Ví dụ 2 thể hiện hiệu quả kết hợp của lớp được loại cacbon cùng với lớp phủ Ni có độ dày xác định.

Ví dụ 2: Ảnh hưởng của việc loại cacbon ở dưới bề mặt thép cùng với lớp phủ Ni đến đặc tính chống LME

Nhằm tránh việc loại cacbon bất kỳ, trong thử nghiệm 7, thép được ủ trong môi trường gồm 5% H₂ và 95% N₂ có điểm sương là -80°C. Việc ủ được thực hiện ở 900°C trong 132 giây. Sau đó, thép được tôi ở 210°C trước khi được phân hóa ở 410°C trong 88 giây. Cuối cùng, thép tấm được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Trên tấm thép đã được ủ, lớp phủ kẽm được phủ bởi phương pháp mạ điện.

Trong các thử nghiệm 8 và 9, Ni được kết lắng đầu tiên bởi phương pháp mạ điện có độ dày là 900nm trên tấm thép cứng hoàn toàn trước khi. Sau đó, các tấm thép có lớp phủ lót này được ủ trong môi trường gồm 5% H₂ và 95% N₂ có điểm sương là -80°C, đối với thử nghiệm 8, không có lớp được loại cacbon bất kỳ

trong vùng dưới bề mặt của thép. Đối với thử nghiệm 9, điểm sương của quá trình ủ được duy trì ở -10°C bằng 5% H_2 và 95% N_2 . Đối với thử nghiệm 8 và 9, việc ủ được thực hiện ở 900°C trong 132 giây. Khi kết thúc quá trình ủ, các tấm thép được làm nguội xuống nhiệt độ tối là 210°C và được nung nóng một lần nữa ở nhiệt độ phân hóa là 410°C . Việc phân hóa được thực hiện trong 88 giây. Cuối cùng, các tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Trên tấm thép đã được ủ, lớp phủ kẽm được phủ bởi phương pháp mạ điện.

Bảng 4 so sánh độ dày của lớp được loại cacbon khi thép được ủ với các điểm sương khác nhau khi có và không có lớp phủ Ni. Dù không ảnh hưởng đến các tính chất cơ học của thép, song độ dày của lớp được loại cacbon vẫn bị giới hạn chế bởi việc kiểm soát điểm sương của quá trình ủ.

Bảng 4

Độ dày của lớp được loại cacbon của vùng dưới bề mặt của thép tấm sau khi ủ với các điểm sương khác nhau

Thử nghiệm	DP ($^{\circ}\text{C}$)	Lớp phủ thứ nhất	Lớp phủ thứ hai	Lớp được loại cacbon (μm)
Thử nghiệm 7	-80	-	Zn (EG)	0
Thử nghiệm 8*	-80	Ni (900nm)	Zn (EG)	0
Thử nghiệm 9*	-10	Ni (900nm)	Zn (EG)	15

*: theo sáng chế.

Tính nhạy cảm LME của các thép có lớp phủ nêu trên (thử nghiệm 7, 8 và 9) được đánh giá bằng phương pháp hàn điểm điện trở. Nhằm mục đích đó, đối với mỗi thử nghiệm, ba tấm thép có lớp phủ được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở. Loại điện cực là ISO Type B có đường kính 6mm; lực tác động của điện cực là 5kN và lưu lượng nước là 1,5g/phút. Chu trình hàn được thể hiện trong bảng 5.

Bảng 5

Tiến trình hàn, để xác định hiệu quả kết hợp của lớp phủ Ni và lớp được loại cacbon

Thời gian hàn	Xung	Xung (theo	Thời gian làm	Thời gian giữ
---------------	------	------------	---------------	---------------

		chu trình)	nguội (theo chu trình)	(theo chu trình)
Chu trình	1	23	Không xác định được	18

Đặc tính chống nứt LME được đánh giá bằng cách áp dụng các điều kiện xếp chồng hai lớp đối với các thử nghiệm 7, 8 và 9. Trong điều kiện đó, hai tấm thép có lớp phủ được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở. Số lượng vết nứt lớn hơn 100 μ m sau đó được đánh giá nhờ sử dụng kính hiển vi quang học như được liệt kê trong bảng 6.

Bảng 6

Chi tiết các vết nứt sau khi hàn điểm (điều kiện xếp chồng hai lớp) đối với các thử nghiệm 7, 8 và 9

Thử nghiệm	Số lượng vết nứt (>100 μ m) trên một mỗi hàn điểm	Trung bình số của tổng số lượng vết nứt có độ dài >100 μ m trên một mỗi hàn điểm
Thử nghiệm 7	<u>3</u>	<u>573</u>
Thử nghiệm 8*	1	122
Thử nghiệm 9*	0	0

*: theo sáng chế.

Thử nghiệm 8 và 9 theo sáng chế thể hiện khả năng chống LME cao so với thử nghiệm 7. Hơn thế nữa, đối với thử nghiệm 9, đặc tính chống LME rất tốt đã được nhận thấy ở tấm thép do hiệu quả kết hợp của lớp được loại cacbon cùng với lớp Ni có độ dày xác định.

Yêu cầu bảo hộ

1. Phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ bao gồm lần lượt các bước:
phủ thép tấm bằng lớp phủ thứ nhất chứa niken và có độ dày nằm trong khoảng từ 600nm đến 950nm, thép tấm này có thành phần hóa học tính theo khối lượng sau:

$$0,10 < C < 0,40\%,$$

$$1,5 < Mn < 3,0\%,$$

$$0,7 < Si < 3,0\%,$$

$$0,05 \leq Al < 1,0\%,$$

$$0,75 < (Si + Al) < 3,0\%,$$

và trên cơ sở hoàn toàn tùy ý, một hoặc nhiều nguyên tố bao gồm:

$$Nb \leq 0,5\%,$$

$$B \leq 0,010\%,$$

$$Cr \leq 1,0\%,$$

$$Mo \leq 0,50\%,$$

$$Ni \leq 1,0\%,$$

$$Ti \leq 0,5\%,$$

lượng còn lại của thành phần này là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quy trình sản xuất;

ủ tái kết tinh thép tấm có lớp phủ này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 820 đến 1200°C, được thực hiện trong môi trường có từ 1 tới 10% H₂ có điểm sương nằm trong khoảng từ -30 đến +30°C; và

phủ thép tấm thu được ở bước ủ tái kết tinh bằng lớp phủ thứ hai chủ yếu chứa kẽm mà không chứa niken.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 600nm đến 750nm.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước ủ tái kết tinh là bước ủ liên tục.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó bước ủ tái kết tinh được thực hiện trong môi trường có từ 1 tới 10% H_2 có điểm sương nằm trong khoảng từ -10 đến $+10^\circ C$.
5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lớp phủ thứ hai chứa kẽm với lượng lớn hơn 50%.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó lớp phủ thứ hai chứa kẽm với lượng lớn hơn 75%.
7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó lớp phủ thứ hai chứa kẽm với lượng trên 90%.
8. Phương pháp theo điểm 7, trong đó lớp phủ thứ hai làm bằng kẽm.
9. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 750nm đến 950nm.
10. Phương pháp theo điểm 1, trong đó lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 650 đến 900nm.

Fig.1

