



(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)



1-0038511

B32B 15/01; C22C 38/04; C22C 38/06; (13) B

C23C 2/02; C23C 2/06; C25D 5/50;

(51)^{2022.01} C23C 2/28; C23C 28/02; C25D 3/12;

C25D 3/22; C25D 5/48; C22C 38/02;

C23C 2/26

(21) 1-2019-06803

(22) 25/04/2018

(86) PCT/IB2018/000429 25/04/2018

(87) WO2018/203126 08/11/2018

(30) PCT/IB2017/000520 05/05/2017 IB

(45) 25/01/2024 430

(43) 25/02/2020 383A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

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

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP MẠ, VÀ TẤM THÉP THU ĐƯỢC TỪ
PHƯƠNG PHÁP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép mạ và tấm thép thu được từ
phương pháp này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép mạ và tấm thép thu được từ phương pháp này. Sáng chế đặc biệt thích hợp để sản xuất xe ô tô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nói chung, lớp phủ kẽm được sử dụng vì chúng cho phép bảo vệ chống ăn mòn, nhờ sự bảo vệ bằng rào cản và sự bảo vệ bằng catot. Tác dụng rào cản có được bằng cách phủ lớp kim loại hoặc phi kim loại lên bề mặt thép. Do vậy, lớp phủ này ngăn ngừa sự tiếp xúc giữa thép và không khí ăn mòn. Tác dụng rào cản không phụ thuộc vào bản chất của lớp phủ và nền. Trái lại, sự bảo vệ catot hy sinh dựa vào việc kẽm là kim loại hoạt động hơn so với thép trong dãy lực điện động (Electromotive Force – EMF). Do vậy, nếu sự ăn mòn xảy ra, kẽm bị ăn mòn trước thép. Việc bảo vệ bằng catot là cần thiết ở các nơi mà thép tiếp xúc trực tiếp với không khí ăn mòn, như các gờ bị cắt, nơi kẽm bao quanh bị ăn mòn trước thép.

Tuy nhiên, khi các bước nung được thực hiện trên các tấm thép phủ kẽm như vậy, ví dụ, trong quá trình hàn cứng ép nóng hoặc hàn điểm bằng điện trở, các vết nứt được quan sát trong thép bắt đầu từ mặt phân cách thép/lớp phủ. Thực vậy, đôi khi, các tính chất cơ học bị giảm do có các vết nứt trong tấm thép đã được phủ sau các hoạt động nêu trên. Các vết nứt này xuất hiện với các điều kiện sau: nhiệt độ cao hơn nhiệt độ nóng chảy của chất phủ; tiếp xúc với kim loại lỏng có nhiệt độ nóng chảy thấp (như kẽm) ngoài sự có mặt của ứng suất kéo; khuếch tán và làm ướt kim loại nóng chảy với hạt thép nền và các biên hạt. Hiện tượng này được gọi là sự hóa giòn kim loại lỏng (Liquid metal embrittlement - LME), và còn được gọi là sự làm nứt do kim loại lỏng (Liquid metal assisted cracking - LMAC).

Đơn yêu cầu cấp patent US2016/0319415 đề cập đến tấm thép được mạ bằng cách nhúng nóng có khả năng chống nứt mỹ mãn do sự giòn của kim loại lỏng, chứa:

- tấm thép nền có vi cấu trúc trong đó phần austenit chiếm 90 % diện tích hoặc hơn; và
- lớp mạ nhúng nóng tạo ra trên tấm thép nền này,

trong đó lớp mạ nhúng nóng bao gồm lớp hợp kim Fe-Zn, và lớp Zn tạo ra trên lớp hợp kim Fe-Zn này, và lớp hợp kim Fe-Zn có độ dày $[(3,4 \times t)/6]$ μm hoặc hơn, trong đó t là độ dày của lớp mạ nhúng nóng.

Theo đơn yêu cầu cấp patent này, sự xuất hiện vết nứt do LME gây ra có thể được ngăn ngừa bằng cách ngăn chặn sự tạo ra oxit bề mặt được sử dụng để ngăn chặn sự khuếch tán của sắt (Fe) và lớp hợp kim Fe—Al hoặc Fe—Al—Zn, và bằng cách tạo ra lớp hợp kim Fe-Zn có độ dày đủ trong lớp mạ nhúng nóng.

Để đảm bảo độ bám dính của lớp mạ, tốt hơn nếu lớp hợp kim Fe-Ni còn được bao gồm trực tiếp dưới bề mặt của tấm thép nền. Cụ thể hơn, lớp hợp kim Fe-Ni có thể đảm bảo độ bám dính mỹ mãn của lớp mạ như MnO hoặc oxit tương tự tồn tại dưới dạng oxit nội tại bằng cách ngăn không cho lớp oxit bề mặt như MnO hoặc oxit tương tự tạo ra, như một nguyên tố oxy hoá như Mn hoặc nguyên tố tương tự được làm giàu trên bề mặt của lớp hợp kim Fe-Ni, theo cách của thép TWIP. Để đảm bảo hiệu quả trên, lớp hợp kim Fe-Ni có thể được tạo ra do lớp phủ Ni từ 300 mg/m^2 đến 1000 mg/m^2 . Tuy nhiên, đơn yêu cầu cấp patent này bộc lộ giải pháp chỉ dành riêng cho thép TWIP.

Đơn yêu cầu cấp patent US2012100391 đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép được mạ bằng cách nhúng nóng có chất lượng mạ, độ bám dính của lớp mạ và khả năng hàn điểm mỹ mãn, phương pháp này bao gồm các bước:

- phủ tấm thép nền bằng Ni với lượng lớp phủ (C_{Ni}) nằm trong khoảng từ $0,1$ - $1,0 \text{ g/m}^2$, tức là nằm trong khoảng từ 11 đến 112 nm ;
- nung tấm thép đã được phủ Ni trong môi trường khử;
- làm nguội tấm thép đã được nung đến nhiệt độ (X_s) mà tại đó tấm thép này được đưa vào dung dịch mạ; và
- cấp và ngâm tấm thép đã được làm nguội trong dung dịch mạ có nồng độ Al có hiệu quả (C_{Al}) nằm trong khoảng từ $0,11$ - $0,14 \text{ wt } \%$ và nhiệt độ (T_p) nằm trong khoảng từ 440 - 460°C , trong đó nhiệt độ (X_s) mà tại đó tấm thép này được cấp vào dung dịch mạ thỏa mãn phương trình sau: $C_{\text{Ni}} \cdot (X_s - T_p) / 2C_{\text{Al}} = 5-100$.

Đơn yêu cầu cấp patent này cũng bộc lộ tấm thép được mạ bằng cách nhúng nóng, trong đó pha hợp kim Fe-Ni—Zn chiếm 1 - 20% diện tích tiết diện của lớp mạ được tạo ra ở mặt phân cách giữa tấm thép nền và lớp mạ.

Đã cho rằng trong trường hợp tấm thép đã được mạ có độ bền cao thu được bằng cách mạ kẽm lên lớp Ni đã được mạ trên tấm thép nền, nếu phần diện tích được phủ bằng pha hợp kim Fe-Ni-Zn được tạo ra ở mặt phân cách giữa tấm thép nền và lớp mạ được kiểm soát ở mức cụ thể, thì chất lượng mạ của tấm thép sẽ bị giảm, và lớp mạ sẽ được ngăn không cho bị tróc trong quá trình tạo hình, điều này cho thấy rằng độ bám dính của lớp mạ của tấm thép sẽ được cải thiện. Ngoài ra, trong quá trình hàn điểm, trong đó dòng điện được truyền từ điện cực qua lớp hợp kim Fe-Ni đến tấm thép nền, Fe sẽ được khuếch tán ngay lập tức từ tấm thép để tạo ra pha hợp kim Fe-Ni-Zn, sao cho việc hợp kim hóa giữa điện cực và lớp mạ sẽ bị chậm, do vậy làm tăng tuổi thọ của điện cực hàn.

Tuy nhiên, mặc dù quy trình hàn điểm được cải thiện, nhưng không có sự cải thiện nào về LME được đề cập.

Do có một số ưu điểm, nên lớp phủ được mạ được phủ lên thép. Tuy nhiên, trong quá trình hóa rắn ép nóng hoặc hàn điểm bằng điện trở trên tấm thép mạ đã được phủ, lại có các vết nứt LME.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do vậy, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép mạ mà không có các vấn đề LME nêu trên. Cụ thể, sáng chế nhằm mục đích đề xuất phương pháp để thực hiện để thu được tổ hợp mà không có các vấn đề LME sau khi tạo hình ép nóng và/hoặc hàn.

Mục đích này đạt được bằng cách đề xuất phương pháp theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Phương pháp cũng có thể bao gồm các dấu hiệu bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 12 yêu cầu bảo hộ.

Mục đích khác đạt được bằng cách đề xuất tấm thép mạ theo điểm 13 yêu cầu bảo hộ.

Mục đích khác đạt được bằng cách đề xuất mối hàn điểm theo điểm 15 yêu cầu bảo hộ. Mối hàn điểm này cũng có thể bao gồm các dấu hiệu bất kỳ trong số các điểm từ 14 đến 17 yêu cầu bảo hộ.

Sau cùng, mục đích khác đạt được bằng cách sử dụng tấm thép hoặc tổ hợp theo điểm 18 yêu cầu bảo hộ.

Các đặc điểm và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên rõ ràng hơn qua phần mô tả chi tiết dưới đây của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thuật ngữ “thép” hoặc “tấm thép” được dùng để chỉ tấm thép, cuộn thép, tấm thép có thành phần cho phép bộ phận này đạt được độ bền kéo lên đến 2500 MPa và tốt hơn nữa là lên đến 2000MPa. Ví dụ, độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 500 MPa, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 980 MPa, có lợi nếu lớn hơn hoặc bằng 1180 MPa và thậm chí lớn hơn hoặc bằng 1470 MPa.

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

- A. phủ tấm thép này bằng lớp phủ thứ nhất chứa niken và có độ dày nằm trong khoảng từ 150nm đến 650nm, tấm thép này có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như 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 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 là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quy trình sản xuất,

- B. ủ tấm thép đã được phủ này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 1200°C,

C. phủ tấm thép thu được ở bước B) bằng lớp phủ thứ hai trên cơ sở kẽm và

D. xử lý nhiệt hợp kim hóa để tạo ra tấm thép mạ.

Mặc dù không bị ràng buộc bởi lý thuyết bất kỳ, dường như trong quá trình xử lý nhiệt ở bước B), Ni có độ dày cụ thể khuếch tán về phía tấm thép có thành phần

thép cụ thể nêu trên cho phép tạo ra lớp hợp kim Fe-Ni. Mặt khác, một lượng Ni vẫn có mặt ở mặt phân cách giữa thép và lớp phủ ngăn không cho kẽm hoặc hợp kim kẽm lỏng thâm nhập vào thép ở bước nung nóng bất kỳ, ví dụ như hàn. Ngoài ra, trong khi xử lý hợp kim hóa, tức là bước D), Ni cũng khuếch tán vào lớp phủ bên trên và do vậy ngăn ngừa được hiện tượng LME.

Lớp phủ thứ nhất chứa niken được lắng phủ bằng phương pháp lắng phủ bất kỳ đã biết bởi người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này. Nó có thể được lắng phủ bằng phương pháp lắng phủ chân không hoặc phương pháp mạ điện. Tốt hơn là, nó được lắng phủ bằng phương pháp mạ điện.

Tuỳ ý, lớp phủ thứ nhất có thể chứa các tạp chất được chọn từ: Fe, Cu, Mn, Si, Al và P. Ví dụ, lượng các tạp chất này là dưới 5%, tốt hơn là dưới 3% và tốt hơn nữa là dưới 1%.

Lớp phủ thứ nhất chứa niken có độ dày nằm trong khoảng từ 150nm đến 650nm, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 200 và 500nm, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 250 và 450nm, có lợi nếu nằm trong khoảng từ 300 đến 450nm và ví dụ nằm trong khoảng từ 350 đến 450nm. Ví dụ, lớp phủ thứ nhất chứa niken có độ dày nằm trong khoảng từ 250 đến 650nm. Thực vậy, mặc dù không bị ràng buộc bởi lý thuyết bất kỳ, bất ngờ các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng nếu có sự tối ưu về độ dày của lớp phủ thứ nhất, thì mức độ giảm LME được cải thiện nhiều. Tin rằng độ dày tối ưu này cho phép giảm dòng điện hàn và do đó lượng nhiệt vào trong quá trình hàn điểm. Do đó, có được sự giảm đáng kể số lượng vết nứt tạo ra do LME.

Có lợi nếu, ở bước B), việc xử lý nhiệt là ủ liên tục. Ví dụ, việc ủ liên tục bao gồm các bước nung, ủ nóng đều và làm nguội. Việc ủ này có thể còn bao gồm bước nung sơ bộ.

Tốt hơn là, việc xử lý nhiệt được thực hiện trong môi trường chứa 1 đến 10% H_2 ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ -60 đến $-30^\circ C$. Ví dụ, môi trường chứa 1 đến 10% H_2 ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ $-40^\circ C$ đến $-60^\circ C$.

Theo phương án được ưu tiên khác, ở bước B), việc xử lý nhiệt được thực hiện trong môi trường chứa 1 đến 10% H_2 ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ -30 và $+30^\circ C$. Ví dụ, môi trường chứa 1 đến 10% H_2 ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ $0^\circ C$ đến $+20^\circ C$.

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

Ví dụ, lớp phủ trên cơ sở kẽm chứa từ 0,01 đến 8,0% Al, tùy ý 0,2-8,0% Mg, lượng còn lại là Zn.

Theo phương án được ưu tiên khác, lớp thứ hai chứa kẽm. Khi lớp phủ này được lắng phủ bằng cách mạ nhúng nóng, tỷ lệ phần trăm của nhôm nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,18% khối lượng trong dung dịch mạ.

Tốt hơn là, lớp phủ trên cơ sở kẽm được lắng phủ bằng phương pháp mạ nhúng nóng. Theo phương án này, dung dịch nóng chảy cũng có thể bao gồm các tạp chất không thể tránh khỏi và các nguyên tố còn sót lại từ việc nạp các thỏi hoặc từ đường đi của tấm thép trong dung dịch nóng chảy. Ví dụ, các tạp chất tùy ý được chọn từ Sr, Sb, Pb, Ti, Ca, Mn, Sn, La, Ce, Cr, Zr hoặc Bi, hàm lượng theo khối lượng của mỗi nguyên tố bổ sung là thấp hơn 0,3% tính theo khối lượng. Các nguyên tố còn sót lại từ việc nạp các thỏi hoặc từ đường đi của tấm thép trong dung dịch nóng chảy có thể là sắt với hàm lượng lên đến 0,1% khối lượng.

Có lợi nếu, ở bước C), lớp thứ hai không chứa niken.

Tốt hơn là, ở bước D), việc xử lý nhiệt hợp kim hóa được thực hiện bằng cách nung tấm thép đã được phủ thu được ở bước C) ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 470 đến 550 °C trong khi, ví dụ, 5 đến 50 giây. Ví dụ, bước D được thực hiện ở nhiệt độ 520°C trong thời gian 20 giây.

Bằng phương pháp theo sáng chế, có thể thu được tấm thép mạ được phủ bằng lớp thứ nhất chứa niken mà nằm ngay trên lớp này là lớp thứ hai trên cơ sở kẽm, lớp thứ nhất và lớp thứ hai được hợp kim hóa bằng quá trình khuếch tán sao cho lớp hợp kim thứ hai chứa 8 đến 50 % khối lượng sắt, từ 0 đến 25% khối lượng niken, lượng còn lại là kẽm. Tốt hơn là, tấm thép mạ được phủ bằng lớp thứ nhất chứa niken mà nằm ngay trên lớp này là lớp thứ hai trên cơ sở kẽm, lớp thứ nhất và lớp thứ hai được hợp kim hóa bằng quá trình khuếch tán sao cho lớp hợp kim thứ hai chứa 12 đến 50% khối lượng sắt, từ 1 đến 25% khối lượng niken, lượng còn lại là kẽm. Có lợi nếu, tấm thép đã được mạ được phủ bằng lớp thứ nhất chứa niken mà nằm ngay trên lớp này là

lớp thứ hai trên cơ sở kẽm, lớp thứ nhất và lớp thứ hai được hợp kim hóa bằng quá trình khuếch tán sao cho lớp hợp kim thứ hai chứa 13 đến 50 % khối lượng sắt, từ 1 đến 25% khối lượng niken, lượng còn lại là kẽm.

Tốt hơn là, tấm thép này có vi cấu trúc chứa 1 đến 50% austenit dư, từ 2 đến 60% martensit và tùy ý ít nhất một nguyên tố được chọn từ: bainit, ferit, xementit và peclit.

Theo phương án được ưu tiên, tấm thép có vi cấu trúc chứa từ 5 đến 25 % austenit dư.

Tốt hơn là, tấm thép có vi cấu trúc chứa từ 2 đến 60% và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 10 đến 60% martensit đã được tôi.

Có lợi nếu, tấm thép có vi cấu trúc chứa 10 đến 40% bainit, bainit như vậy chứa 10 đến 20% bainit thấp, từ 0 đến 15% of bainit cao và từ 0 đến 5% bainit không chứa carbua.

Tốt hơn là, tấm thép có vi cấu trúc chứa 1 đến 25% ferit.

Tốt hơn là, tấm thép có vi cấu trúc chứa 1 đến 15% martensit chưa được tôi.

Sau khi sản xuất tấm thép, để tạo ra một số bộ phận của xe ô tô, đã biết cách tổ hợp bằng cách hàn điểm hai tấm kim loại.

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

Do vậy, thu được mỗi hàn điểm của ít nhất hai tấm kim loại, bao gồm tấm thép đã được phủ theo sáng chế, mỗi hàn như vậy có không nhiều hơn 3 vết nứt có kích thước lớn hơn 100µm và trong đó vết nứt dài nhất có chiều dài nhỏ hơn 300µm.

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

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

Tấm thép hoặc mỗi hàn điểm theo sáng chế có thể được sử dụng để sản xuất các bộ phận dùng cho xe ô tô.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được giải thích qua các thử nghiệm thực hiện sáng chế. Các ví dụ này chỉ nhằm mục đích minh họa mà không làm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Đối với tất cả các mẫu, các tấm thép được sử dụng có thành phần sau tính theo phần trăm khối lượng: C=0,37%, Mn=1,95%, Si=1,95%, Cr=0,35% và Mo=0,12%.

Trong thử nghiệm 1, thép được ủ trong môi trường chứa 5% H₂ và 95% N₂ ở nhiệt độ ngưng tụ -45°C. Việc ủ được tiến hành ở nhiệt độ 900°C trong thời gian 132 giây. Sau khi ủ tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Khi ủ tấm thép, lớp phủ kẽm được phủ bằng phương pháp mạ điện.

Trong các thử nghiệm từ 2 đến 5, trước tiên Ni được lắng phủ bằng phương pháp mạ điện lần lượt có độ dày 150, 400, 650 và 900nm trên các tấm thép hoàn toàn ứng trước khi ủ. Sau đó, các tấm thép đã được phủ trước đó được ủ trong môi trường chứa 5% H₂ và 95% N₂ ở nhiệt độ ngưng tụ -45°C. Việc ủ được tiến hành ở nhiệt độ 900°C trong thời gian 132 giây. Ở cuối quá trình ủ, các tấm thép này được làm nguội đến nhiệt độ tối 210°C và lại được nung ở nhiệt độ phân vùng 410°C. Việc phân vùng được tiến hành trong thời gian 88 giây và sau đó lại được nung lên đến nhiệt độ mạ 460°C và lớp phủ kẽm được phủ bằng phương pháp phủ nhúng bằng cách sử dụng dung dịch kẽm lỏng chứa 0,12% khối lượng Al được duy trì ở nhiệt độ 460°C. Ngay sau khi mạ, việc xử lý nhiệt hợp kim hóa được tiến hành ở nhiệt độ 520°C trong thời gian 20 giây.

Độ nhảy LME của thép đã được phủ nêu trên được đánh giá bằng phương pháp hàn điểm bằng điện trở. Nhằm mục đích này, đối với mỗi thử nghiệm, hai tấm thép được phủ được hàn với nhau bằng cách hàn điểm bằng điện trở. Loại điện cực này là ISO loại B với đường kính 16mm; lực của điện cực là 5kN và tốc độ dòng nước là 1,5g/phút. Chu trình hàn được báo cáo trong bảng 1:

Bảng 1. Lịch trình hàn

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

Đặc tính chịu nứt LME cũng được đánh giá bằng cách sử dụng điều kiện chồng 3 lớp. Đối với mỗi thử nghiệm, ba tấm thép đã được phủ được hàn với nhau bằng cách

hàn điểm bằng điện trở. Sau đó, số các vết nứt $100\mu\text{m}$ được đánh giá bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học như được báo cáo trong bảng 2.

Bảng 2. Chi tiết về vết nứt LME sau khi hàn điểm (điều kiện chồng 3 lớp)

Các thử nghiệm	Số các vết nứt trên mỗi mối hàn điểm ($>100\mu\text{m}$)	Chiều dài tối đa của vết nứt (μm)
Thử nghiệm 1	6,8	850
Thử nghiệm 2*	1,3	235
Thử nghiệm 3*	2,2	215
Thử nghiệm 4*	2,4	219,5
Thử nghiệm 5	1	399,6

*: theo sáng chế.

Các thử nghiệm 2, 3 và 4 theo sáng chế đã cho thấy khả năng chịu LME mỹ mãn so với các thử nghiệm 1 và 5. Thực vậy, số lượng các vết nứt lớn hơn $100\mu\text{m}$ là dưới 3 và vết nứt dài nhất có chiều dài nhỏ hơn $300\mu\text{m}$. Ngoài ra, các thử nghiệm từ 2 đến 4 có độ dày lớp phủ Ni tối ưu làm giảm dòng điện hàn. Do đó, làm giảm lượng nhiệt đầu vào trong quá trình hàn điểm và do vậy làm giảm đáng kể số lượng các vết nứt sự tạo ra do LME.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ lần lượt bao gồm các bước sau:

A. phủ tấm thép này bằng lớp phủ thứ nhất chứa niken và có độ dày nằm trong khoảng từ 150nm đến 650nm, tấm thép này có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như 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 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 là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quy trình sản xuất,

B. ủ tấm thép đã được phủ này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 1200°C,

C. phủ tấm thép thu được ở bước B) bằng lớp phủ thứ hai trên cơ sở kẽm và

D. xử lý nhiệt hợp kim hóa để tạo ra tấm thép mạ, và

trong đó ở bước B), bước ủ được thực hiện trong môi trường chứa từ 1 đến 10% H₂ ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ -60 đến -30°C, hoặc bước ủ được thực hiện trong môi trường chứa từ 1 đến 10% H₂ ở nhiệt độ ngưng tụ nằm trong khoảng từ -30°C đến +30°C.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó ở bước A), lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 200 đến 500nm.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó ở bước A), lớp phủ thứ nhất có độ dày nằm trong khoảng từ 250 đến 450nm.
4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ở bước B), bước ủ là ủ liên tục.
5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ở bước C), lớp thứ hai chứa nhiều hơn 50% kẽm.
6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó ở bước C), lớp thứ hai chứa nhiều hơn 75% kẽm.
7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó ở bước C), lớp thứ hai chứa nhiều hơn 90% kẽm.
8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó lớp phủ thứ hai không chứa niken.
9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó ở bước C), lớp thứ hai chứa kẽm.
10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó ở bước D) việc xử lý hợp kim hóa được thực hiện bằng cách nung tấm thép đã được phủ thu được ở bước C) ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 470 đến 550°C.
11. Tấm thép mạ thu được từ phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10 được phủ bằng lớp thứ nhất chứa niken mà nằm ngay trên lớp này là lớp thứ hai trên cơ sở kẽm, lớp thứ nhất và lớp thứ hai được hợp kim hóa bằng quá trình khuếch tán sao cho lớp hợp kim thứ hai chứa 12 đến 50% khối lượng sắt, 1 đến 25% khối lượng niken, lượng còn lại là kẽm.
12. Mỗi hàn điểm của ít nhất hai tấm kim loại bao gồm ít nhất một tấm thép theo điểm 11 hoặc thu được từ phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, mỗi

hàn này có không nhiều hơn 3 vết nứt có kích thước lớn hơn $100\mu\text{m}$ và trong đó vết nứt dài nhất có chiều dài nhỏ hơn $300\mu\text{m}$.

13. Mỗi hàn điểm theo điểm 12, trong đó tấm kim loại thứ hai là tấm thép hoặc tấm nhôm.

14. Mỗi hàn điểm theo điểm 13, trong đó tấm kim loại thứ hai là tấm thép theo điểm 11 hoặc thu được từ phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10.

15. Mỗi hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 14, trong đó mỗi hàn này bao gồm tấm kim loại thứ ba là tấm thép hoặc tấm nhôm.