



(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)



1-0037382

(51)^{2019.01} C23C 2/02; C23C 2/40; C21D 1/22; (13) B
C21D 1/76; C21D 6/00; C21D 9/46;
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/18;
C22C 38/20; C22C 38/24; C22C 38/28;
C22C 38/32; C22C 38/34; C22C 38/38;
C22C 38/56; C22C 38/58; C23C 2/06;
B23K 11/11; C21D 1/20

(21) 1-2020-00315

(22) 13/06/2018

(86) PCT/IB2018/054306 13/06/2018

(87) WO2018/234938 27/12/2018

(30) PCT/IB2017/000753 20/06/2017 IB

(45) 27/11/2023 428

(43) 25/06/2020 387ASC

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) PIPARD, Jean-Marc (FR); CREMEL, Sébastien (FR); CHAKRABORTY, Anirban (IN); PANAHI, Damon (CA); GIRINA, Olga (US); GHASSEMI-ARMAKI, Hassan (IR); CHALLA VENKATASURYA, Pavan (IN); BENLATRECHE, Yacine (FR).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP TẠO RA TẤM THÉP PHỦ KẼM HOẶC HỢP KIM KẼM CÓ ĐỘ BỀN CAO VÀ TẤM THÉP THU ĐƯỢC

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền kéo lớn hơn 900 MPa, để tạo ra các mối hàn điểm bằng điện trở có trung bình nhỏ hơn hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng trên mỗi mối hàn có độ sâu 100µm hoặc lớn hơn, bao gồm các bước tạo ra tấm thép cán nguội, nung tấm thép cán nguội này đến nhiệt độ T₁ nằm trong khoảng từ 550°C đến Ac₁+50°C sao cho sắt không bị oxy hóa, sau đó bổ sung vào môi trường lò này, ít nhất một phần tử được chọn từ hơi nước hoặc oxy, sau đó nung tấm này đến nhiệt độ T₂ nằm trong khoảng từ 720°C đến 1000°C, ủ nóng đều tấm này ở nhiệt độ T₂, sau đó làm nguội tấm này với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10 và 400°C/giây, sau đó phủ tấm này bằng lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, và phương pháp tạo ra mối hàn điểm bằng điện trở.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp tạo ra tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền cao và tấm thép thu được từ phương pháp này. Phương pháp sản xuất theo sáng chế cho phép có thể thu được các mối hàn điểm bằng điện trở có độ nhạy thấp đối với việc tạo các vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng, đặc biệt thích hợp với các yêu cầu của ngành công nghiệp ô tô.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm rất có hiệu quả để chống ăn mòn và do đó được sử dụng rộng rãi trong ngành công nghiệp ô tô. Tuy nhiên, kinh nghiệm đã cho thấy rằng việc hàn một số loại thép nhất định có thể gây ra sự xuất hiện các vết nứt cụ thể do hiện tượng được gọi là sự giòn của kim loại lỏng (Liquid Metal Embrittlement - “LME”) hoặc nứt do kim loại lỏng (Liquid Metal Assisted Cracking - “LMAC”).

Hiện tượng này được đặc trưng bởi sự thâm nhập của Zn lỏng dọc theo các biên hạt của nền thép bên dưới, dưới sự tác động của ứng suất hoặc ứng suất bên trong do sự hâm chậm, giãn nở nhiệt hoặc biến đổi pha. Đã thấy rằng các mức ứng suất cao hơn làm tăng nguy cơ LME. Cụ thể, do chính ứng suất xuất hiện trong quá trình hàn phụ thuộc vào độ bền của kim loại nền, nên theo người thử nghiệm thì các mối hàn làm từ thép có độ bền cao hơn thường nhạy hơn với LME.

Để giảm nguy cơ LME, công bố đơn yêu cầu cấp patent châu Âu EP0812647 đã đề cập đến phương pháp, trong đó việc hàn hồ quang có khí bảo vệ sử dụng dây lõi kim loại chứa Cu được thực hiện. Tuy nhiên, phương pháp này là không phù hợp để gắn các tấm mỏng trong ngành công nghiệp ô tô.

JP2006035293 bộc lộ phương pháp hàn hồ quang bằng cách sử dụng dây thép không gỉ để tạo ra mối hàn chứa nhiều hơn 25% ferit và để có được độ bền kéo trong mối hàn nhỏ hơn 1,8 lần độ bền kéo trong kim loại nền. Tuy nhiên, thực tế là

phương pháp này không phù hợp với yêu cầu của ngành công nghiệp ô tô, việc có được độ bền thấp trong mối hàn là không mong muốn.

JP2004211158 cũng bộc lộ quy trình hàn bằng điện điện trở (ERW) các ống, trong đó 3-40ppm Bo có mặt trong thành phần của thép. Tuy nhiên, tài liệu này lại đề cập đến các điều kiện cụ thể của quy trình ERW và không thể chuyển đổi đơn giản sang quy trình hàn điểm bằng điện trở. Hơn thế nữa, việc bổ sung B là không mong muốn trong mọi loại thép có độ bền cao.

JP2005002415 đề xuất việc đưa vào giữa lớp phủ và nền thép, một lớp trên cơ sở niken để làm giảm đến mức tối thiểu mức độ khuếch tán của kẽm và do đó ngăn chặn được sự tạo ra các vết nứt LME trong vùng chịu tác động của nhiệt. Tuy nhiên, việc tạo ra tấm thép này là phức tạp và tốn kém hơn.

EP2682495 bộc lộ tấm thép phủ kẽm-nhôm-magic, trong đó thành phần thép có một số giới hạn, cụ thể về C, Mn và Si để có được khả năng chống nứt do LME cao trong các mối hàn hồ quang. Tuy nhiên, tài liệu này đề cập đến việc hàn hồ quang và không đề cập đến việc hàn điểm bằng điện trở. Hơn thế nữa, thép phát triển gần đây nói chung chứa các hàm lượng C, Mn và Si cao hơn để có được độ bền kéo cao hơn. Do vậy, không thể giải quyết được một cách đơn giản các giới hạn thành phần trong EP2682495 với nhu cầu về độ bền cao hơn trong các tấm thép.

Do vậy, mong muốn là có được tấm thép phủ kẽm có khả năng tạo hình cao, có thể được hàn bằng cách hàn điểm bằng điện trở các tấm phủ Zn này mà có thể đáp ứng được hai yêu cầu mâu thuẫn nhau:

- một mặt có được độ bền kéo TS cao hơn 900MPa trong tấm kim loại nền, mà cần đến một số các nguyên tố hợp kim hóa;
- mặt khác, có thể tạo ra được mối hàn điểm bằng điện trở với độ bền cao đối với LME, mà sự xuất hiện của nó ít xảy ra khi độ bền của kim loại nền và mức độ hợp kim hóa là thấp hơn.

Cụ thể hơn, điều mong muốn là có được mối hàn có ít vết nứt sâu do LME để không làm giảm tính năng cơ học của mối hàn này. Cụ thể, điều mong muốn là số lượng trung bình của các vết nứt do LME trên mỗi mối hàn có độ sâu lớn hơn 100 micron, là ít hơn 2 khi cường độ hàn không lớn hơn I_{max} , tương ứng với sự xuất

hiện hiện tượng chảy trong mỗi hàn điểm, và không quá 2 khi cường độ hàn nằm trong khoảng từ $I_{\max}$ đến $I_{\max} + 10\%$.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất phương pháp tạo ra tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền kéo cao hơn 900 MPa, để tạo ra các mối hàn điểm bằng điện trở có trung bình không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng trên mỗi mối hàn có độ sâu 100μm hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước:

- tạo ra tấm thép cán nguội, có thành phần danh định tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau: $0,07\% \leq C \leq 0,5\%$, $0,3\% \leq \text{Mn} \leq 5\%$, $0,010\% \leq \text{Al} \leq 1\%$, $0,010\% \leq \text{Si} \leq 2,45\%$, với $0,35\% \leq (\text{Si} + \text{Al}) \leq 2,5\%$, $0,001\% \leq \text{Cr} \leq 1,0\%$, $0,001\% \leq \text{Mo} \leq 0,5\%$, và tùy ý: $0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$, $0,005\% \leq \text{V} \leq 0,2\%$, $0,005\% \leq \text{Ti} \leq 0,1\%$, $0,0001\% \leq \text{B} \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq \text{Cu} \leq 0,5\%$, $0,001\% \leq \text{Ni} \leq 1,0\%$, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình nấu chảy, với lượng như $S < 0,003\%$, $P < 0,02\%$, $N < 0,008\%$, sau đó

- việc nung tấm thép cán nguội lên đến nhiệt độ T_1 nằm trong khoảng từ 550°C và $A_{c1} + 50^\circ\text{C}$ trong vùng lò với môi trường (A1) chứa từ 2 đến 15% thể tích hydro, phần còn lại là nitơ và các tạp chất không thể tránh khỏi, sao cho sắt không bị oxy hóa, sau đó

- bổ sung vào môi trường lò ít nhất một phần tử được chọn từ hơi nước hoặc oxy với tốc độ phun Q cao hơn $(0,07\%/\text{giờ} \times \alpha)$, α bằng 1 nếu phần tử này là hơi nước hoặc bằng 0,52 nếu phần tử này là oxy, ở nhiệt độ $T \geq T_1$, sao cho thu được môi trường (A2) với điểm sương DP2 nằm trong khoảng từ -15°C đến nhiệt độ T_e của điểm sương cân bằng sắt/sắt oxit,

- nung tấm này từ nhiệt độ T_1 lên đến nhiệt độ T_2 nằm trong khoảng từ 720°C và 1000°C trong vùng lò trong môi trường (A2) có nitơ chứa từ 2 đến 15% hydro và nhiều hơn 0,1% thể tích CO, với áp suất riêng phần của oxy cao hơn 10^{-21} at (100 kPa), trong đó khoảng thời gian t_D nung tấm này từ nhiệt độ T_1 lên đến điểm cuối của quá trình ủ nóng đều ở nhiệt độ T_2 nằm trong khoảng từ 100 đến 500 giây,

- ủ nóng đều tấm này ở nhiệt độ T_2 , sau đó

- làm nguội tấm này với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10 và 400°C/giây, sau đó

- phủ tấm này bằng lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Tốt hơn là, điểm sương DP2 nằm trong khoảng từ -10 đến +20°C.

Theo một phương án, môi trường (A2) chứa nhiều hơn 0,2% thể tích CO.

Theo một phương án, nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ 750 đến 900°C, và môi trường (A2) chứa nằm trong khoảng từ 3 đến 5% thể tích H₂.

Theo một phương án, sau khi ủ nóng đều, tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ T3 nằm trong khoảng từ Ms đến Ms+150°C, và được duy trì ở T3 trong thời gian ít nhất 40 giây, sao cho thu được tấm thép Bainit không chứa carbua.

Theo một phương án, nhiệt độ T3 nằm trong khoảng từ Ms+10°C đến Ms+150°C.

Theo phương án khác, sau khi làm nguội, tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ QT nằm trong khoảng từ Ms-5°C đến Ms-170°C, tùy ý giữ ở nhiệt độ QT này trong thời gian từ 2 và 8 giây, sau đó nung lại đến nhiệt độ T4 nằm trong khoảng từ 350 đến 550°C, sao cho thu được martensit chuyển pha. Tốt hơn là, nhiệt độ T4 nằm trong khoảng từ 350 đến 490°C.

Tốt hơn là, vi cấu trúc của thép chứa austenit được giữ lại với lượng không lớn hơn 20%.

Theo một phương án, việc phủ được thực hiện bằng cách nhúng nóng.

Theo phương án khác, việc phủ được thực hiện bằng cách mạ điện.

Theo phương án khác, việc phủ được thực hiện bằng cách lắng phủ trong pha hơi kỹ thuật.

Sáng chế cũng đề cập đến tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền kéo cao hơn 900 MPa để tạo ra các mối hàn điểm bằng điện trở có trung bình không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu 100µm trở lên trên mỗi mối hàn, bao gồm nền thép, có thành phần danh định tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau: $0,07\% \leq C \leq 0,5\%$, $0,3\% \leq Mn \leq 5\%$, $0,010\% \leq Al \leq 1\%$, $0,010\% \leq Si \leq 2,45\%$, với $0,35\% \leq (Si+Al) \leq 2,5\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 1,0\%$, $0,001\% \leq Mo \leq 0,5\%$, và tùy ý: $0,005\% \leq Nb \leq 0,1\%$, $0,005\% \leq V \leq 0,2\%$, $0,005\% \leq Ti \leq$

0,1%, $0,0001\% \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq Cu \leq 0,5\%$, $0,001\% \leq Ni \leq 1,0\%$, phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình nấu chảy, với lượng như $S < 0,003\%$, $P < 0,02\%$, $N < 0,008\%$, và vùng D_{100} từ 0 đến 100 micron ngay dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, trong đó hàm lượng cacbon trung bình $C_{av(100)}$ thỏa mãn trong vùng D_{100} : $C_{av(100)}/C_{nom} < 0,6$, $C_{av(100)}$ là hàm lượng C trung bình trong vùng D_{100} , C_{nom} là hàm lượng C danh định của thép, và: $C_{av(100)} + (Si_{av(100)})/32 < 0,21\%$, $C_{av(100)}$ và $Si_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C và Si trung bình trong vùng D_{100} , tính theo % khối lượng.

Tốt hơn là, tấm thép này thỏa mãn bất phương trình: $C_{av(100)} + (Si_{av(100)}/32) + (Mn_{av(100)}/14) < 0,30\%$, $C_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$ và $Mn_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si và Mn trung bình trong vùng D_{100} , tính theo % khối lượng.

Tốt hơn là, tấm thép này sao cho: $C_{av(100)} + (Si_{av(100)}/32) + (Mn_{av(100)}/14) - (Al_{av(100)}/48) + (Cr_{av(100)}/11) < 0,34\%$, $C_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$, $Mn_{av(100)}$, $Al_{av(100)}$, $Cr_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} , tính theo % khối lượng.

Theo một phương án, hàm lượng Mn là không đổi trong vùng D_{100} và: $d_{Mnmin} > 1 \mu m$, d_{Mnmin} là độ sâu trong vùng D_{100} mà ở đó hàm lượng Mn bằng trị số tối thiểu Mn_{min} trong vùng D_{100} và: $d_{Mnmin} / (Mn_{min}/Mn_{nom}) > 8$, Mn_{nom} là hàm lượng Mn danh định của thép này.

Theo một phương án, hàm lượng Si là không đổi trong vùng D_{100} và: $d_{Simin} > 1 \mu m$, d_{Simin} là độ sâu trong vùng D_{100} mà ở đó hàm lượng Si bằng trị số tối thiểu Si_{min} trong vùng D_{100} và: $d_{Simin} / (Si_{min}/Si_{nom}) > 4$, Si_{nom} là hàm lượng Si danh định của thép này.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp tạo ra mối hàn điểm bằng điện trở có không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu 100μm hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra ít nhất hai tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm như nêu trên, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5 mm, sau đó
- chồng ít nhất một phần các tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm lên nhau, sau đó

- tác dụng lực nằm trong khoảng từ 350 đến 500 daN bởi các điện cực đặt vuông góc và trên mặt ngoài của các tấm chồng lên nhau, sau đó

- hàn các tấm thép với cường độ I nằm trong khoảng từ $I_{\min}$ đến $1,1 I_{\max}$, $I_{\min}$ là cường độ tối thiểu mà lớn hơn cường độ này quan sát thấy có sự kéo đứt khi mỗi hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, $I_{\max}$ là cường độ mà ở đó bắt đầu quan sát thấy có sự xuất hiện của kim loại lỏng khi hàn điểm bằng điện trở.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp tạo ra mỗi hàn điểm bằng điện trở có không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu $100\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra ít nhất hai tấm phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm làm bằng thép (1) có $TS > 900\text{MPa}$, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 và 2,5 mm,

- đo $Cl_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$, $Mn_{av(100)}$, $Al_{av(100)}$, $Cr_{av(100)}$, các đại lượng này lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, sau đó

- tính hệ số CSI_1 của thép (1):

$$CSI_1 = Cl_{av(100)} + (Si_{av(100)} / 32) + (Mn_{av(100)} / 14) + (Al_{av(100)} / 48) + (Cr_{av(100)} / 11)$$

- sau đó thực hiện việc hàn điểm bằng điện trở trên ít nhất 10 mối hàn với cường độ I_1 nằm trong khoảng từ $I_{\min}$ đến $1,1 I_{\max}$, $I_{\min}$ cường độ tối thiểu mà lớn hơn cường độ này quan sát thấy có sự kéo đứt khi mỗi hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, $I_{\max}$ là cường độ mà ở đó bắt đầu quan sát thấy có sự xuất hiện của kim loại lỏng khi hàn điểm bằng điện trở, sau đó

- đo số lượng trung bình $Crackl_{av}$ của các vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu $100\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, từ ít nhất 10 mối hàn, sau đó, nếu $Crackl_{av}$ là cao hơn 2,

- chuẩn bị tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm thứ hai (2) có $TS > 900\text{MPa}$, có độ dày bằng với độ dày của thép (1), thành phần của thép (2) được chọn sao cho : $CSI_2 < CSI_1 - ((Crackl_{av} - 2) / 20)$ với:

$$CSI_2 = C_{2av(100)} + (Si_{2av(100)} / 32) + (Mn_{2av(100)} / 14) - (Al_{2av(100)} / 48) + (Cr_{2av(100)} / 11)$$

$$C_{2av(100)}, Si_{2av(100)}, Mn_{2av(100)}, Al_{2av(100)}, Cr_{2av(100)}$$
 lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép (2) nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, sau đó

- thực hiện việc hàn điểm bằng điện trở trên tấm thép (2) với cường độ II.

Sáng chế cũng mô tả việc sử dụng tấm thép như nêu trên, hoặc được sản xuất như nêu trên, để sản xuất các bộ phận kết cấu của xe ô tô.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết và được minh họa bằng các ví dụ không giới hạn phạm vi của sáng chế.

Trước tiên, các tấm thép cán nguội được tạo ra có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5 mm là khoảng độ dày thông thường dùng trong ngành công nghiệp ô tô. Các tấm thép theo sáng chế được tạo ra thông qua quy trình lần lượt bao gồm các bước đúc, cán nóng, cuộn, tùy ý có bước ủ trung gian, tẩy gỉ, cán nguội, ủ liên tục, và phủ. Thành phần của thép bao gồm các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

- Cacbon: với lượng nằm trong khoảng từ 0,07% đến 0,5%. Nếu hàm lượng cacbon dưới 0,07%, thì độ bền kéo có thể là không đủ, tức là thấp hơn 900MPa. Hơn thế nữa, nếu vi cấu trúc thép chứa austenit được giữ lại, thì độ ổn định của nó cần thiết để có được độ giãn dài đủ, là không thể có được. Lớn hơn 0,4%C, khả năng hàn bị giảm vì vi cấu trúc có độ bền thấp được tạo ra trong vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt hoặc trong vùng nóng chảy của mỗi hàn điểm. Theo phương án được ưu tiên, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,18 đến 0,4%, khoảng này cho phép có thể có được độ bền kéo cao hơn 1180 MPa. Khi tấm thép phủ kẽm được nung nóng, hàm lượng cacbon thấp trong nền thép làm giảm sự tương tác giữa thép và Zn lỏng hoặc hợp kim Zn lỏng. Kết quả là, LME là ít có khả năng xảy ra.

- Mangan là nguyên tố hóa rắn dung dịch rắn mà góp phần thu được độ bền kéo cao hơn 900 MPa. Tác động này thu được khi hàm lượng Mn ít nhất là

0,3% khối lượng. Tuy nhiên, trên 5%, việc bổ sung Mn góp phần tạo ra cấu trúc với các vùng tách biệt rõ ràng mà có thể ảnh hưởng xấu đến các tính chất cơ học của mối hàn. Tốt hơn là, hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 1,5 đến 3% để đạt được các tác dụng này. Điều này cho phép có thể có được độ bền cơ học thỏa đáng mà không làm tăng sự khó khăn trong chế tạo thép công nghiệp và không làm tăng độ cứng trong các mối hàn. Trong điều kiện ủ cụ thể, Mn phản ứng với Si và O và do đó làm giảm lượng Si trong thép ở khu vực dưới bề mặt. Do vậy, nếu Mn được giữ dưới một lượng cụ thể dưới lớp phủ Zn, kết hợp với C, Si, Al và Cr, khả năng chống nứt do LME được tăng lên.

- Silic có mặt với lượng phải nằm trong khoảng từ 0,010 đến 2,45% để đạt được sự kết hợp cần thiết của các tính chất cơ học và khả năng hàn: silic làm giảm mức độ kết tủa carbua trong khi ủ sau khi cán nguội tấm thép, do độ hòa tan thấp trong xementit và do thực tế là nguyên tố này làm tăng hoạt tính của cacbon trong austenit. Do vậy, việc làm giàu austenit trong cacbon dẫn đến sự ổn định của nó ở nhiệt độ trong phòng và đến sự xuất hiện đặc tính dẻo do sự chuyển pha (Transformation Induced Plasticity – “TRIP”), điều này có nghĩa là việc tác động ứng suất, ví dụ, trong quá trình hình thành, sẽ dẫn đến sự biến đổi austenit này thành martensit. Khi hàm lượng Si lớn hơn 2,45%, các oxit bám dính mạnh có thể được tạo ra trong khi ủ trước khi mạ nhúng nóng, điều này có thể dẫn đến khuyết tật bề mặt trong lớp phủ. Đối với C, việc giảm lượng Si thúc đẩy LME trong quá trình hàn điểm bằng điện trở. Bằng cách kiểm soát các điều kiện ủ, lượng Si dưới lớp phủ có thể được cải biến. Điểm sương kiểm soát áp suất riêng phần của oxy bên trong lò ủ. Oxy khuếch tán bên trong thép này và phản ứng với Si để tạo ra SiO_2 . Kết quả là, lượng Si trong dưới bề mặt bề mặt thép được giảm. Do vậy, nếu Si được giữ dưới một lượng cụ thể dưới lớp phủ Zn, thì khả năng chống nứt do LME được tăng lên.

- Nhôm có mặt với lượng phải nằm trong khoảng từ 0,010 đến 1%. Đối với sự ổn định của austenit được giữ lại, nhôm có ảnh hưởng tương đối giống với ảnh hưởng của silic. Tuy nhiên, nhôm hàm lượng cao hơn 1% khối lượng sẽ làm tăng nhiệt độ Ac_3 , tức là nhiệt độ biến đổi hoàn toàn thành austenit trong thép trong bước ủ và do đó khiến cho quy trình công nghiệp tốn kém hơn. Do vậy, hàm lượng

Al được giới hạn ở mức 1%.

Vì thép có khả năng tạo hình cao bao gồm austenit được giữ lại ở nhiệt độ trong phòng, sự ổn định đủ của austenit phải có mặt thông qua việc bổ sung silic và/hoặc nhôm trong thành phần thép, với lượng như: $(Si+Al) \geq 0,35\%$. Nếu $(Si+Al) < 0,35\%$, thành phần austenit được giữ lại có thể nhỏ hơn 5%, do vậy độ dẻo và đặc tính làm cứng cơ học trong tạo hình nguội có thể là không đủ. Tuy nhiên, nếu $(Si+Al) > 2,5\%$, thì khả năng phủ và khả năng hàn được giảm.

- Crom cho phép có thể làm chậm quá trình tạo ra ferit trước eutecti trong bước làm nguội sau khi giữ ở nhiệt độ tối đa trong chu trình ủ, cho phép có thể có được độ bền ở mức cao hơn. Do vậy, hàm lượng crom cao hơn 0,001% và nhỏ hơn 1,0% vì lý do chi phí và để ngăn ngừa quá trình hóa rắn quá mức. Cr cũng ảnh hưởng đến khả năng chống nứt do LME của thép: trong các điều kiện ủ đặc biệt, Cr phản ứng với Mn và O ở khu vực dưới bề mặt. Do vậy, nếu Cr được giữ ở mức dưới một lượng cụ thể dưới lớp phủ Zn, thì kết hợp với C, Si, Al và Cr, khả năng chống nứt do LME có thể được tăng lên.

- Molipden với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,5% là có hiệu quả để làm tăng khả năng hóa cứng và việc làm ổn định austenit được giữ lại do nguyên tố này làm chậm quá trình phân hủy của austenit.

- Thép tùy ý có thể chứa các nguyên tố mà có khả năng để kết tủa dưới dạng carbua, nitrua hoặc carbonitrua, do vậy đạt được việc hóa rắn kết tủa. Nhằm mục đích này, thép có thể chứa niobi, titan hoặc vanadi: Nb và Ti, mỗi với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,1%, và V với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,2%.

- Thép này tùy ý có thể chứa niken, với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 1,0% sao cho để cải thiện độ dai.

- Thép này cũng tùy ý có thể chứa đồng để thu có được quy trình hóa rắn bổ sung, với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,5%.

- Thép này cũng tùy ý có thể chứa bo với lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,005%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,004%. Bằng cách phân tách ở biên hạt, B làm giảm năng lượng biên hạt và do vậy có lợi đối với việc làm tăng khả năng chịu giòn của kim loại lỏng.

- Phần còn lại là sắt và các nguyên tố còn sót lại thu được từ quá trình luyện kim. Về mặt này, S, P và N ít nhất được coi là các nguyên tố còn sót lại hoặc các tạp chất không thể tránh khỏi. Do đó, hàm lượng của chúng là nhỏ hơn 0,003% đối với S, 0,02% đối với P và 0,008% đối với N.

Thành phần nêu trên được hiểu là thành phần danh định, tức là thành phần của tấm thép mà có mặt trong vùng được tập trung vào độ dày giữa tấm, ngoại trừ hai vùng có độ dày 100 micron, nằm ngay bên dưới hai bề mặt chính của tấm thép. Như sẽ được giải thích dưới đây, theo sáng chế, thành phần danh định này là khác với thành phần cục bộ có trên bề mặt của nền thép, ngay bên dưới lớp phủ Zn.

Sau khi cán nguội, vi cấu trúc thép có tính dị hướng cao và độ dẻo bị giảm. Do vậy, việc ủ được thực hiện để đạt được việc tái kết tinh hạt và để thu được sự biến đổi austenit mà cho phép có thể để tạo ra vi cấu trúc mong muốn cuối. Việc ủ được thực hiện bằng cách liên tục dịch chuyển dải thép trong lò được chia thành một số khu vực.

Theo sáng chế, tấm thép đã được cán nguội này được ủ liên tục trong lò bức xạ dạng ống hoặc lò điện trở hoặc lò cảm ứng hoặc lò kết hợp ít nhất hai phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp này đến nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 550°C đến $A_{c1}+50^{\circ}\text{C}$, trong đó A_{c1} là nhiệt độ bắt đầu của quá trình biến đổi austenit khi thép được nung trong vùng lò, trong đó môi trường (A1) chứa từ 2 đến 15% thể tích hydro, tốt hơn là 3-5% thể tích hydro, phần còn lại là nitơ và các tạp chất không thể tránh khỏi, và có điểm sương DP1 như sắt không bị oxy hóa. Giá trị này có thể được xác định, ví dụ từ công bố của D. Huin, P. Flauder, J.B. Leblond, "Numerical simulation of internal oxidation of steels during annealing treatments". Oxidation of Metals 2005;64;1:131-67.

Sau đó, tấm này được nung từ nhiệt độ T1 lên đến nhiệt độ T2 nằm trong khoảng từ 720 đến 1000°C, trong khi ít nhất một phần tử được chọn từ hơi nước hoặc oxy bắt đầu được phun vào lò ở nhiệt độ T1.

Trong trường hợp hơi nước, có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 90 đến 150°C, tốc độ phun Q phải cao hơn 0,07% mỗi giờ để có được sự cải biến bề mặt tấm thép mà sẽ được nêu chi tiết dưới, cho phép có thể thu được khả năng chống nứt do LME cao. Tốc độ phun Q được đánh giá là thương số giữa thể tích hơi nước được

phun mỗi giờ và thể tích của vùng lò giữa vị trí phun hơi nước và điểm cuối của phần lò được nung ở nhiệt độ ủ nóng đều T2, như được mô tả dưới đây.

Trong trường hợp phun oxy, tốc độ phun Q phải cao hơn 0,036%/giờ để có được sự cải biến bề mặt thép cần thiết để làm tăng khả năng chống nứt do LME. Tốc độ phun Q được đánh giá là thương số giữa thể tích oxy được phun mỗi giờ và thể tích của vùng lò giữa vị trí phun oxy và điểm cuối của phần lò được nung ở nhiệt độ ủ nóng đều T2.

Do vậy, bất kể loại thành phần phun nào được thực hiện (hơi nước hoặc oxy), tốc độ phun tối thiểu Q để có được khả năng chống nứt do LME tăng là $(0,07\%/giờ \times \alpha)$, α bằng 1 nếu thành phần được phun là hơi nước hoặc bằng 0,52 nếu thành phần được phun là oxy.

Trong phần giữa lò có nhiệt độ nằm trong khoảng từ T1 đến nhiệt độ T2, môi trường (A2) phải có điểm sương DP2 nằm trong khoảng từ -15°C đến nhiệt độ Te của điểm sương cân bằng sắt/sắt oxit, tốt hơn là nằm trong khoảng từ -10°C đến +20°C. Môi trường (A2) chứa nitơ và hydro với lượng từ 2 đến 15% thể tích, tốt hơn là 3-5% thể tích hydro. Ví dụ, nhiệt độ Te có thể được xác định từ ấn phẩm: JANAF Thermomechanical Tables, 3rd Edition, Part II, Journal of Physical and Chemical Reference Data, Volume 14, 1985, supplement n°1, được xuất bản bởi Hiệp hội hóa học Mỹ và viện vật lý Mỹ cho Cục tiêu chuẩn quốc gia.

Do tốc độ chảy cụ thể Q, môi trường (A2) chứa CO với lượng lớn hơn 0,1% thể tích, tốt hơn là lớn hơn 0,2% thể tích, và tạp suất riêng phần của oxy trong môi trường (A2) lớn hơn 10^{-21} at (100 kPa). Điều này cho phép có thể có được sự cải biến về C, Mn, Si, Al, Cr ở vùng dưới bề mặt của tấm thép, nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micro.

Khoảng thời gian t_D nằm trong khoảng từ T1 đến điểm cuối của quá trình ủ nóng đều ở nhiệt độ T2 từ 100 đến 500 giây. Nếu khoảng thời gian t_D này nhỏ hơn 100 giây, việc cải biến thành phần thép ở vùng dưới bề mặt nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micro, là không đủ để cải thiện đáng kể khả năng chống nứt do LME. Nếu thời gian t_D lớn hơn 500 giây, có nguy cơ các tính chất cơ học của tấm thép trở nên không đủ.

Sau đó, tấm thép này được ủ nóng đều ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ T2 đến T2+50°C trong môi trường (A2) nêu trên.

Sau khi ủ nóng đều ở nhiệt độ T2, trong thời gian mà có thể nằm trong khoảng từ 30 đến 400 giây, tấm thép này được làm nguội sao cho thu được vi cấu trúc có khả năng tạo hình cao và độ bền kéo cao hơn 900MPa. Việc làm nguội có thể được thực hiện bằng cách sử dụng nitơ cùng với 5 đến 70% hydro hoặc tôi bằng nước sao cho thu được tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10°C/giây đến 400°C/giây.

Theo một phương án, để thu được vi cấu trúc carbua không chứa bainit ("CFB"), tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ T3 nằm trong khoảng từ Ms đến Ms+150°C, hoặc nằm trong khoảng từ Ms+10°C đến Ms+150°C. Sau đó, tấm thép này được duy trì ở nhiệt độ T3 trong thời gian ít nhất 40 giây để thu được sự biến đổi vi cấu trúc. Vi cấu trúc cuối này thường chứa 10-20% austenit được giữ lại và nhiều hơn 50% bainit mà thực tế không chứa carbua thô, tức là sao cho số lượng trên một đơn vị diện tích của carbua trong các mạng xen kẽ có kích thước lớn hơn 0,1µm, là không quá 50000/mm².

Theo phương án khác, để thu được vi cấu trúc đã được tôi và chuyển pha ("Q-P"), tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ QT dưới nhiệt độ bắt đầu chuyển sang pha martensit (Ms), tức là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ Ms-5°C đến Ms-170°C, tùy ý giữ ở nhiệt độ QT này trong thời gian từ 2 đến 8 giây, sau đó nung lại đến nhiệt độ T4 nằm trong khoảng từ 350 đến 550°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 350 đến 490°C và được ủ nóng đều ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 30 đến 500 giây trong môi trường (A3) sao cho không xảy ra một quá trình tái oxy hóa bề mặt nào của sắt. Tốt hơn là, môi trường này chứa 2 đến 15% thể tích hydro, và tốt hơn nữa là 3-5% thể tích hydro.

Vì cấu trúc cuối này thường chứa 3-20% austenit được giữ lại, hơn 25% martensit chuyển pha, tức là martensit đã được tôi có hàm lượng C thấp hơn hàm lượng C danh định của thép.

Sau đó, tấm thép này được phủ bằng phương pháp nhúng nóng trong dung dịch kim loại lỏng trên cơ sở Zn được duy trì ở nhiệt độ Tbm. Về mặt này, thép có nhiệt độ nằm trong khoảng từ Tbm-10°C đến Tbm+50°C liên tục được cho đi qua

dung dịch kim loại lỏng để được phủ. Các tấm này là các tấm được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, trong đó tấm được phủ hợp kim kẽm là tấm có lớp phủ trong đó hàm lượng Zn lớn hơn 50% khối lượng. Cụ thể, việc phủ này có thể được thực hiện bằng cách mạ kẽm bằng cách nhúng nóng (Dip-Galvanized - “GI”), hoặc bằng cách mạ nhúng nóng, ngay sau đó là xử lý nhiệt ở nhiệt độ nằm trong khoảng 475-570°C để gây ra sự khuếch tán của sắt trong lớp phủ và để thu được lớp phủ “được mạ kẽm”, hoặc “GA” chứa khoảng 7-14%Fe. Cũng có thể là lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm thu được bằng cách mạ điện hoặc bằng cách lắng phủ trong pha hơi. Hợp kim Zn cũng có thể là lớp phủ Zn-Mg-Al, như lớp phủ Zn-3%Mg-3,7%Al hoặc Zn-1,2%Al-1,2%Mg.

Theo phương án được ưu tiên để tạo ra tấm thép đã được phủ bằng cách mạ (GI), sau khi ủ nóng đều ở nhiệt độ T3 hoặc T4 (tùy theo vi cấu trúc mong muốn, thép CFB hoặc Q-P), tấm thép này được nung đến nhiệt độ 465°C±20°C và được mạ kẽm bằng cách nhúng nóng trong bể kẽm lỏng chứa 0,15–0,40% khối lượng nhôm được duy trì ở nhiệt độ 460°C±20°C. Thời gian mạ nằm trong khoảng từ 2 đến 10 giây.

Theo phương án được ưu tiên khác để sản xuất lớp phủ được mạ (GA), việc mạ được tiến hành trong bể kẽm lỏng chứa 0,10–0,17% khối lượng nhôm được duy trì ở nhiệt độ 460°C±20°C, tiếp đó là xử lý nhiệt sau khi phủ ở nhiệt độ 475-570°C.

Lớp phủ kẽm cũng có thể được đưa lên tấm thép này thông qua phương pháp mạ điện. Trong quy trình này, tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng sau khi ủ nóng đều ở nhiệt độ T3 hoặc T4. Sau đó, tấm thép này được nhúng trong bể mạ điện chứa dung dịch chứa các muối kẽm clorua hoặc sulfat được duy trì ở nhiệt độ 50–100°C. Trong quy trình này, dòng điện chạy qua hai anốt trong khi tấm thép đóng vai trò là catốt.

Lớp phủ kẽm cũng có thể được đưa lên tấm thép bằng phương pháp lắng phủ trong pha hơi mà đã biết trong lĩnh vực này.

Bất ngờ là, các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng sự kết hợp của độ bền kéo cao và khả năng chống nứt do LME cao có thể thu được khi thành phần danh định của tấm thép tương ứng với các dấu hiệu nêu trên, và khi thành phần của vùng D₁₀₀ nằm trong khoảng từ 0 đến 100µm ngay bên dưới lớp phủ Zn hoặc hợp kim Zn, thể

hiện các đặc điểm cụ thể. Cần phải hiểu rằng vùng D_{100} này có mặt trên mỗi hai bề mặt chính của tấm thép. Các đặc điểm cụ thể trong vùng này thu được trong quy trình ủ, tức là bởi các nhiệt độ, tốc độ phun, môi trường lò, khoảng thời gian và điểm sương cụ thể mà cho phép có thể để cải biến thành phần của bề mặt thép trước khi phủ lớp phủ Zn hoặc hợp kim Zn. Do vậy, thu được vùng có thành phần được cải biến, tức là trong cacbon, mangan, silic, nhôm và crom. Thành phần trung bình của vùng này và gradien của Mn và Si trong vùng này được kiểm soát bởi thành phần danh định của thép, các nhiệt độ T_1 và T_2 , tốc độ chảy Q , khoảng thời gian t_D nằm trong khoảng từ T_1 đến điểm cuối của quá trình ủ nóng đều ở nhiệt độ T_2 và môi trường lò. Cụ thể, điểm sương DP2 và áp suất riêng phần của oxy từ T_1 đến T_2 có ảnh hưởng mạnh đến bản chất và độ sâu của vùng này.

Trong vùng D_{100} dưới lớp phủ Zn hoặc hợp kim Zn, thành phần của thép là khác so với thành phần danh định của thép. Vùng cụ thể này cải thiện khả năng chống nứt do LME trong việc hàn điểm. So với tấm thép ngay trước khi nhúng nóng trong bể Zn, kinh nghiệm đã cho thấy rằng khoảng 1 micron của bề mặt tấm thép phản ứng với hoặc bị hòa tan trong bể hợp kim kẽm lỏng.

Hàm lượng của các nguyên tố như C, Mn, Si, Cr, Al, trong vùng D_{100} cũng như hàm lượng trung bình của chúng trong vùng này, tương ứng: $C_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$, $Mn_{av(100)}$, $Al_{av(100)}$, $Cr_{av(100)}$, có thể được xác định bằng kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này, như kỹ thuật quang phổ phát xạ quang phát quang (Glow-discharge optical emission spectroscopy (GDOES)).

Do vậy, $C_{av(100)}$ có thể được so sánh với hàm lượng C danh định của tấm thép, C_{nom} . Các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng việc loại bỏ nhóm carboxyl nhất định phải có mặt trong D_{100} , tức là $C_{av(100)}/C_{nom}$ phải thấp hơn 0,6, để cải thiện khả năng chống nứt do LME. Ngoài việc tạo ra gradien C này ở bề mặt của tấm thép, các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng khả năng chống nứt do LME thu được một cách hiệu quả khi C và Si trong D_{100} thỏa mãn bất phương trình: $C_{av(100)} + Si_{av(100)}/32 < 0,21\%$.

Hơn thế nữa, tương quan giữa khả năng chống nứt do LME (được đo bằng số lượng trung bình trên mỗi mỗi hàn có các vết nứt sâu hơn 100µm) với các nguyên tố có mặt trong D_{100} , các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng hệ số tương

quan tốt hơn thu được bằng cách tính đến C, Si và Mn trong D_{100} để xác định trong vùng này một điều kiện: $C_{av(100)} + (Si_{av(100)}/32) + (Mn_{av(100)}/14) < 0,30\%$.

Trong các điều kiện hàn khắc nghiệt nhất, tức là có dạng hình học liên quan đến sự hãm chậm cao, và với cường độ hàn cao, đã phát hiện ra rằng C, Mn, Si, Al Cr đều phải được tính đến để thu được khả năng chống nứt do LME tối ưu, tức là các nguyên tố này phải thỏa mãn trong vùng D_{100} với điều kiện:

$$C_{av(100)} + (Si_{av(100)}/32) + (Mn_{av(100)}/14) - (Al_{av(100)}/48) + (Cr_{av(100)}/11) < 0,34\%$$

Hơn thế nữa, các điều kiện ủ tạo ra gradien đối với Mn và Si trong vùng D_{100} , sao cho hàm lượng của các nguyên tố này thay đổi trong vùng này: các giá trị tối thiểu về hàm lượng của Si và Mn (lần lượt Si_{min} và Mn_{min}) được trải nghiệm ở các khoảng cách nhất định dưới lớp phủ Zn, lần lượt là $d_{Si_{min}}$ và $d_{Mn_{min}}$.

Các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng khả năng chống nứt do LME cao thu được khi: $d_{Si_{min}} > 1 \mu m$, và khi: $d_{Si_{min}} / (Si_{min}/Si_{nom}) > 4$, Si_{nom} là hàm lượng Si danh định của thép này.

Theo cách tương tự, đối với Mn, khả năng chống nứt do LME cao được quan sát khi: $d_{Mn_{min}} > 1 \mu m$, và khi: $d_{Mn_{min}} / (Mn_{min}/Mn_{nom}) > 8$, Mn_{nom} là hàm lượng Mn danh định của thép này.

Hơn thế nữa, trên cơ sở các quan sát và phát hiện, các tác giả sáng chế đã thu được phương pháp tạo ra mối hàn điểm bằng điện trở có không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng với độ sâu $100 \mu m$ hoặc hơn. Trong trường hợp này, khi các vết nứt LME được thử nghiệm, các thử nghiệm để cải biến thành phần danh định của thép hoặc lớp phủ được thực hiện. Tuy nhiên, sự cải thiện cuối cùng do các cải biến này có thể không có đặc điểm chung: ví dụ, sự cải thiện có thể là đáng kể đối với điều kiện hàn 1 và ít đáng kể hơn đối với điều kiện hàn 2 với cường độ khác nhau.

Các tác giả sáng chế đã thiết lập mối tương quan giữa khả năng chống nứt do LME (như được đo bằng số lượng trung bình của các vết nứt sâu hơn $100 \mu m$) và thông số $CSI = C_{av(100)} + (Si_{av(100)}/32) + (Mn_{av(100)}/14) - (Al_{av(100)}/48) + (Cr_{av(100)}/11)$ đối với các giá trị cường độ hàn khác nhau quanh I_{max} , đây là cường độ mà ở đó sự xuất hiện của kim loại lỏng bắt đầu được quan sát khi hàn điểm bằng điện trở. Các tác giả sáng chế đã quan sát thấy rằng số lượng các vết nứt tỷ lệ thuận với CSI,

và độ dốc của mối tương quan này tương đương với bất cứ cường độ nào trong phạm vi quanh I_{max} . Trên cơ sở phát hiện này, các tác giả sáng chế đã tạo ra được phương pháp sau để cải thiện các vấn đề về LME một cách dễ dàng hơn: bước thứ nhất là tạo ra các tấm thép được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm (1) có $TS > 900\text{MPa}$, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5 mm. Các tấm thép này được hàn bằng cách hàn điểm bằng điện trở.

Tiếp đó, $C_{1av(100)}$, $Si_{1av(100)}$, $Mn_{1av(100)}$, $Al_{1av(100)}$, $Cr_{1av(100)}$ được đo, các đại lượng này lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm. Hệ số CSI_1 của thép (1) được tính toán thông qua phương trình: $CSI_1 = C_{1av(100)} + (Si_{1av(100)}/32) + (Mn_{1av(100)}/14) - (Al_{1av(100)}/48) + (Cr_{1av(100)}/11)$

Sau đó, việc hàn điểm bằng điện trở được thực hiện trên ít nhất 10 mối hàn với cường độ I_1 nằm trong khoảng từ I_{min} đến $1,1 I_{max}$, I_{min} là cường độ tối thiểu mà trên cường độ này đã quan sát thấy việc kéo hòng khi hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, I_{max} là cường độ mà ở đó sự xuất hiện của kim loại lỏng bắt đầu được quan sát khi hàn điểm bằng điện trở.

Sau đó, số lượng trung bình $Crack_{1av}$ của các vết nứt LME có độ sâu $100\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, từ ít nhất 10 mối hàn, được đo. Nếu kết quả này là không thỏa mãn, tức là nếu $Crack_{1av}$ lớn hơn 2, các tác giả sáng chế đã thu được phương pháp sản xuất nhanh chóng tấm thép mà có thể đáp ứng được các yêu cầu này.

Tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm thứ hai (2) có $TS > 900\text{MPa}$ và có độ dày bằng độ dày của tấm thép (1) được tạo ra, thành phần của tấm thép (2) này được chọn để thỏa mãn bất phương trình: $CSI_2 < CSI_1 - ((Crack_{1av} - 2)/20)$, với:

$$CSI_2 = C_{2av(100)} + (Si_{2av(100)}/32) + (Mn_{2av(100)}/14) - (Al_{2av(100)}/48) + (Cr_{2av(100)}/11)$$

$C_{2av(100)}$, $Si_{2av(100)}$, $Mn_{2av(100)}$, $Al_{2av(100)}$, $Cr_{2av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép (2) nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, tính theo % khối lượng. Sau đó tấm thép (2) này được hàn với cường độ I_1 này.

Do vậy, phương pháp này bảo đảm rằng các mối hàn điểm được chế tạo từ thép (2) sẽ được thỏa mãn, và tiết kiệm được tiền và thời gian tiêu tốn cho việc thử nghiệm và kiểm tra lỗi.

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả qua các ví dụ thực hiện sáng chế nhằm mục đích minh họa mà không nhằm làm giới hạn phạm vi của sáng chế dưới đây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1:

Các tấm thép cán nguội có độ dày nằm trong khoảng từ 1,4 đến 1,6mm được tạo ra, các thành phần danh định A-F, được thể hiện trong bảng 1. Thành phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình nấu chảy. Cụ thể, S, P, và N, tính theo % khối lượng, là sao cho: $S < 0,003\%$, $P < 0,02\%$, $N < 0,008\%$.

Các nhiệt độ A_{c1} và M_s , lần lượt tương ứng với thời điểm bắt đầu quá trình biến đổi thành austenit khi nung, và thời điểm bắt đầu biến đổi martensit khi làm nguội, cũng được thể hiện trong bảng 1.

Bảng 1. Thành phần của thép (% khối lượng)

Thép	Độ dày (mm)	C	Si	Mn	Al	Cr	Si+Al	Mo	A_{c1} (°C)	M_s (°C)
A	1,5	0,20	1,50	2,21	0,04	0,20	1,54	0,001	730	360
B	1,6	0,21	0,67	2,07	0,68	0,10	1,35	0,001	726	370
C	1,6	0,22	1,48	2,07	0,03	0,35	1,51	0,001	735	360
D	1,4	0,22	1,52	2,06	0,04	0,35	1,56	0,001	735	360
E	1,6	0,37	1,90	1,90	0,03	0,35	1,93	0,12	780	250
F	1,6	0,18	1,50	2,00	0,03	0,001	1,53	0,001	760	240

Các tấm thép này được thực hiện các chu trình ủ khác nhau. Bảng 2 thể hiện môi trường, nhiệt độ, tốc độ chảy, điểm sưng và khoảng thời gian ở nhiệt độ T1 và

T2 trong các điều kiện khác nhau này. Do vậy, tấm D3 là, ví dụ, tấm thép đã được cán nguội có thành phần D được trải qua điều kiện ủ 3.

Trong các điều kiện 2-5, việc phun vào lò ở nhiệt độ T1 được thực hiện bằng hơi nước có nhiệt độ 110°C.

Không có một quá trình oxy sắt hoá nào xảy ra trong môi trường A1.

Trong điều kiện ủ 1, bề mặt tấm thép được cải biến không đủ, do vậy các đặc điểm bề mặt cụ thể cho phép có thể đạt được khả năng chống nứt do LME cao là không có, như có thể thấy được từ các thử nghiệm B1c, E1a, E1b trong các bảng 4 và 5 dưới đây.

Trong điều kiện ủ 2, việc phun hơi nước được thực hiện, tuy nhiên với tốc độ chảy của hơi nước không đủ là 0,05%/giờ. Tỷ lệ tỷ lệ phần trăm CO và áp suất riêng phần của oxy trong môi trường A2 cũng không đủ để đạt được khả năng chống nứt do LME cao, như có thể thấy được từ các thử nghiệm A2c và C2d trong bảng 4 và 5.

Trong các điều kiện ủ 3-5, việc phun hơi nước được thực hiện theo các điều kiện của sáng chế.

Sau khi ủ nóng đều ở nhiệt độ T2, các tấm thép A-D được làm nguội với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10 đến 400°C/giây đến khi nhiệt độ T3 là $M_s+45^\circ\text{C}$ đối với thép A, $M_s+90^\circ\text{C}$ đối với thép B, $M_s+40^\circ\text{C}$ đối với thép C và D. Khoảng thời gian duy trì ở T2 là 300 giây, 40 giây, và 360 giây, lần lượt đối với thép A, B, và C-D.

Thép E được làm nguội xuống nhiệt độ QT là 225°C, sau đó được nung lại đến nhiệt độ T4 là 410°C trong thời gian 90 giây.

Thép F được làm nguội xuống nhiệt độ QT là 150°C, sau đó được nung lại đến nhiệt độ T4 là 465°C trong thời gian 120 giây.

Các tấm thép A và C-F được mạ điện (EG) bằng kẽm nguyên chất trong khi thép B được mạ bằng cách nhúng nóng (GI) trong bể Zn chứa 0,3%Al và 0,4%Fe. Tất cả các lớp phủ đã được phủ có độ dày bằng nhau bằng 7 μm .

Các thay đổi về hàm lượng C, Mn Si, Cr, Al, trong vùng D_{100} và giá trị trung bình của các nguyên tố này trong vùng này (lần lượt là: $C_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$, $Mn_{av(100)}$,

$Al_{av(100)}$, $Cr_{av(100)}$, được đo bằng kỹ thuật quang phổ phát xạ quang phát quang (GDOES).

Vì cấu trúc của các tấm thu được từ thép A-D chứa 12% austenit được giữ lại và hơn 50% bainit có số lượng trên một đơn vị diện tích carbua trong các mạng xen kẽ với kích thước lớn hơn 0,1µm, không quá 50000/mm². Vì cấu trúc của thép thu được từ thép E-F chứa 3-20% austenit được giữ lại, với hơn 25% martensit chuyển pha.

Bảng 2. Các điều kiện ủ

Điều kiện	Môi trường (A1)	Điểm sương DP1 trong (A1) (°C)	T1 (°C) Nhiệt độ bắt đầu phun	Tốc độ chảy của việc phun hơi nước Q (%/giờ)	Môi trường (A2)	Điểm sương DP2 trong (A2) (°C)	Áp suất riêng phần của oxy trong A2 (atm)	T2 (°C) nhiệt độ ủ	Thời gian t _p từ T1 đến điểm cuối của quá trình ủ nóng đều ở nhiệt độ T2 (giờ)
1	N ₂ +5%H ₂	-60	-	0	N ₂ +5%H ₂ <0,02% CO	-60	3,85x10 ⁻²⁶ (thép B) 2,13x10 ⁻²⁴ (thép E)	815 đối với thép B 900 đối với thép E	430 đối với thép B 300 đối với thép E
2	N ₂ +5%H ₂	-60	550	0,05	N ₂ +5%H ₂ <0,02% CO	-40	9,11x10 ⁻²⁴ (thép A) 7,91x10 ⁻²³ (thép C)	825 đối với thép A 870 đối với thép C	300
3	N ₂ +5%H ₂	-60	550	1,0	N ₂ +>5%H ₂ >0,2% CO	-15	1,32x10 ⁻²⁰	870	300
4	N ₂ +5H ₂	-60	715	3,6	N ₂ +>5%H ₂ 0,7% CO	+10	6,60x10 ⁻²⁰	820	200
5	N ₂ +5H ₂	-60	820	5,8	N ₂ +>5%H ₂ 1,2% CO	+10	2,84x10 ⁻¹⁸	900	300

Các giá trị không được gạch chân: không theo sáng chế

Các tấm thép được hàn điểm bằng điện trở dưới dòng điện xoay chiều có tần số 50 hoặc 60 HZ và lực điện cực 450-500 daN trong các điều kiện khác nhau theo bảng 3. Các điện cực này được đặt vuông góc với các tấm thép. D3d biểu thị, ví dụ, mỗi hàn được làm từ thép D được ủ trong điều kiện n°3, được hàn theo điều kiện d.

- bằng cách áp dụng các giá trị cường độ khác nhau, có thể xác định khoảng hàn thích hợp được xác định bởi I_{min} là cường độ tối thiểu mà trên cường

độ này đã quan sát thấy việc kéo hồng khi việc hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, và $I_{\max}$ là cường độ mà ở đó sự xuất hiện của kim loại lỏng bắt đầu được quan sát khi hàn điểm bằng điện trở. Việc lựa chọn cường độ trong các điều kiện công nghiệp thường được thực hiện quanh giá trị cuối cùng này do nó tương ứng với đường kính mắt điểm hàn lớn mà cho phép có thể thu được đặc tính kéo căng của mối hàn cao. Trong trường hợp này, việc hàn được thực hiện ở $I_{\max}$ và cao hơn một chút trong miền xuất hiện sự chảy lỏng, tức là $I_{\max} + 10\%$. Mặc dù việc hàn bằng cường độ nằm trong khoảng từ $I_{\max}$ đến $I_{\max} + 10\%$ làm tăng độ nhạy LME, tình trạng này có thể gặp phải trong một số trường hợp trong thực tế diễn ra trong công nghiệp.

- Bảng 3 cũng thể hiện trình tự hàn: ví dụ 12-2-12 chỉ ra rằng trình tự hàn bao gồm 12 giai đoạn, mỗi giai đoạn với thời gian 20mili giây có dòng điện chạy qua, (“giai đoạn nóng”), tiếp đó là hai giai đoạn, mỗi giai đoạn với thời gian 20mili giây không có dòng điện chạy qua (“giai đoạn lạnh”) và cuối cùng 12 giai đoạn có dòng điện chạy qua.

- Bằng cách hàn hai hoặc ba tấm với nhau và tạo kết cấu xếp chồng, độ nhạy đối với việc nứt do LME là cao hơn độ dày xếp chồng tăng. Việc hàn không đồng nhất được thực hiện, tấm thép còn lại là thép mềm với thành phần gồm: 0,032%C, 0,008%Si, 0,222%Mn, 0,052%Al, 0,039%Cr và 0,012%N. Thép mềm được chọn vì mỗi hàn điểm của nó cần dòng điện cao hơn để có được mối hàn phù hợp hơn so với thép có ứng suất kéo lớn hơn 900MPa. Dòng điện cao này gây ra đầu vào nhiệt cao và do đó gây ra nhiều vết nứt LME hơn trong khi hàn thép có độ bền cao. Do vậy, mức độ khắt khe của điều kiện hàn được tăng lên. Bảng 3 báo cáo tổng độ dày cụm xếp chồng. Trong các cụm này, việc hàn được thực hiện theo cách sao cho tấm thép có độ bền kéo cao hơn 900 MPa có một bề mặt tiếp xúc với điện cực hàn. Các vết nứt cuối cùng dễ xảy ra trong vùng lõm được tạo ra bởi điện cực hàn ở bề mặt tấm.

Bảng 3. Các điều kiện hàn điểm bằng điện trở

Điều kiện hàn	Số lớp trong cụm	Độ dày xếp chồng (mm)	Trình tự hàn	Cường độ hàn
a	2	3,2mm	12-2-12 (60Hz)	$I_{\max}$ và $I_{\max} + 10\%$.
b	3	4,2mm	12-2-12 (60Hz)	$I_{\max}$ và $I_{\max} + 10\%$.
c	3	4,9 hoặc 5,1mm	9-2-9-2-9-2 (50Hz)	$I_{\max}$
d	3	4,9 hoặc 5,1mm	10-2-10-2-10-2 (50Hz)	$I_{\max}$

Việc quan sát và định lượng các vết nứt do LME được thực hiện trong các điều kiện sau: sau khi cắt nửa mặt cắt và đánh bóng mịn từ mười đến hai mươi mỗi hàn, các phần hàn được quan sát qua kính hiển vi quang học với độ phóng đại nằm trong khoảng từ 10 đến 1000. Số lượng các vết nứt có độ sâu hơn 100 micron được đo đối với mỗi mỗi hàn, và số lượng trung bình của các vết nứt LME sâu hơn 100µm trên mỗi mỗi hàn điểm được tính toán trong một loạt gồm 20 mỗi hàn.

Khả năng chống nứt do LME cao đạt được khi số lượng trung bình của các vết nứt nhỏ hơn 2 trong trường hợp hàn với $I = I_{\max}$ hoặc khi số lượng trung bình của các vết nứt nhỏ hơn hoặc bằng 2, trong trường hợp hàn với $I_{\max} + 10\%$.

Các bảng 4 và 5 cho thấy số lượng các vết nứt LME trung bình được xác định trong các điều kiện hàn $I_{\max}$ hoặc $I_{\max} + 10\%$, trong mối liên quan với một số đặc điểm cụ thể về thành phần thép trong vùng D_{100} dưới lớp phủ Zn, như được đo từ GDOES. Hơn thế nữa, Bảng 4 cho thấy độ bền kéo tối thiểu mà được đo trong kim loại nền.

Mỗi hàn	$C_{\text{av}(100)} (\%)$	$C_{\text{av}(100)} - C_{\text{FeO}}$	(I) (%)	(II) (%)	(III) (%)	Số lượng trung bình các vết nứt/mỗi hàn ($>100 \mu\text{m}$) ở $I_{\max}$	Số lượng trung bình các vết nứt/mỗi hàn ($>100 \mu\text{m}$) ở $I_{\max} + 10\%$	Độ bền kéo tối thiểu mà được đo của kim loại nền. (MPa)
D3d	0,112	0,511	0,155	0,280	0,314	1,52	n.a.	1180
F4a	0,006	0,033	0,051	0,187	0,192	0	0	980
F4b	0,006	0,033	0,051	0,187	0,192	1	1,33	980
E5a	0,065	0,177	0,131	0,281	0,319	0	0	1470
E5b	0,065	0,177	0,131	0,281	0,319	1	2	1470
B1c	0,201	0,942	0,220	0,352	0,365	2,10	n.a.	980
E1a	0,283	0,764	0,349	0,499	0,537	2	3	1470
E1b	0,283	0,764	0,349	0,499	0,537	266	65	1470
A2c	0,170	0,841	0,211	0,343	0,365	267	n.a.	1050

C2d	0.178	0.813	0.236	0.380	0.411	3.45	n.a.	1180
-----	-------	-------	-------	-------	-------	------	------	------

Bảng 4: Các đặc điểm của vùng D_{100} dưới lớp phủ Zn -
Sự xuất hiện nứt do LME - Độ bền kéo của kim loại nền

$$(I) = C_{av(100)} + Si_{av(100)} / 32$$

$$(II) = C_{av(100)} + (Si_{av(100)} / 32) + (Mn_{av(100)} / 14)$$

$$(III) = C_{av(100)} + (Si_{av(100)} / 32) + (Mn_{av(100)} / 14) - (Al_{av(100)} / 48) + (Cr_{av(100)} / 11)$$

Các giá trị không được gạch chân: không theo sáng chế.

n.a.: không được đánh giá.

Mối hàn	$d_{Mnmin} (\mu m)$	$dMn_{min} / (Mn_{min} / Mn_{nom})$	$d_{Simin} (\mu m)$	$d_{Simin} / (Si_{min} / Si_{nom})$	Số lượng trung bình các vết nứt/mối hàn ($>100\mu m$) ở l_{max}	Số lượng trung bình các vết nứt/mối hàn ($>100\mu m$) ở $l_{max} + 10\%$
D3d	2,2	11,3	4,2	4,2	1,52	n.a.
F4a	8,9	14,4	9,5	11,3	0	0
F4b	8,9	14,4	9,5	11,3	1	1,33
E5a	13,7	30	16,0	20,8	0	0
E5b	13,7	30	16,0	20,8	1	2
B1c	<u>0,3</u>	<u>0,7</u>	<u>03</u>	<u>03</u>	<u>2,10</u>	n.a.
E1a	<u>0,8</u>	<u>0,8</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>2</u>	<u>3</u>
E1b	<u>0,8</u>	<u>0,8</u>	<u>1,1</u>	<u>1,1</u>	<u>2,66</u>	<u>6,5</u>
A2c	<u>0,4</u>	<u>0,9</u>	<u>08</u>	<u>1,1</u>	<u>2,67</u>	n.a.
C2d	<u>0,6</u>	<u>1,5</u>	<u>n.a.</u>	<u>n.a.</u>	<u>3,45</u>	n.a.

Bảng 5: Các đặc điểm Mn và Si trong vùng D_{100} dưới lớp phủ Zn -

Sự xuất hiện vết nứt LME

Các giá trị không được gạch chân: không theo sáng chế.

n.a.: không được đánh giá.

Như thấy được từ Bảng 4, các thành phần và các điều kiện u đã cho phép có thể sản xuất các tấm thép được phủ Zn hoặc hợp kim Zn có khả năng tạo hình cao và có độ bền kéo ít nhất 900 MPa trong mọi trường hợp. Tuy nhiên, các tấm này không không có cùng khả năng chống nứt do LME:

Các tấm thép D3, F4, E5 được sản xuất theo các điều kiện của sáng chế. Do vậy, hàm lượng trung bình của C, Mn, Si, và Cr trong vùng D_{100} được hạ thấp đến

mức việc nứt do LME là ít có khả năng xảy ra, ngay cả trong điều kiện hàn ở $I_{\max} + 10\%$.

Các điều kiện ủ đã tạo ra vùng D_{100} với gradien đối với Mn và Si. Bảng 5 cũng cho thấy rằng đối với các loại thép này, đặc tính của Mn và Si cho thấy vị trí tối thiểu về hàm lượng Si và Mn là lớn hơn 1µm dưới lớp phủ Zn, và sao cho $d_{Si_{\min}}/(Si_{\min}/Si_{\text{nom}}) > 4$ và $d_{Mn_{\min}}/(Mn_{\min}/Mn_{\text{nom}}) > 8$. Việc tạo ra vùng này đã làm cạn kiệt đủ Si và Mn, nằm cách lớp phủ Zn một khoảng cách đủ, cho phép có thể cải thiện khả năng chống nứt do LME.

Khi so sánh, các điều kiện ủ của các tấm B1, E1, A2, C2, là không tương ứng với sáng chế. Do vậy, việc loại bỏ nhóm carboxyl và các cải biến thành phần trong Si, Mn, Cr và Al là không đủ để có được khả năng chống nứt do LME đủ.

Do vậy, do có các tính chất cơ học cao và khả năng chống nứt do LME cao trong việc hàn điểm bằng điện trở, nên các tấm thép có độ bền cao được tạo ra theo sáng chế có thể được sử dụng một cách có lợi để sản xuất các bộ phận kết cấu của xe ô tô.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp tạo ra tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền kéo cao hơn 900 MPa, để tạo ra các mối hàn điểm bằng điện trở có trung bình không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng trên mỗi mối hàn có độ sâu 100 μ m hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra tấm thép cán nguội, có thành phần danh định tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau:

$$0,07\% \leq C \leq 0,5\%$$

$$0,3\% \leq Mn \leq 5\%$$

$$0,010\% \leq Al \leq 1\%$$

$$0,010\% \leq Si \leq 2,45\%$$

$$\text{với } 0,35\% \leq (Si+Al) \leq 2,5\%,$$

$$0,001\% \leq Cr \leq 1,0\%$$

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,5\%$$

và tùy ý

$$0,005\% \leq Nb \leq 0,1\%$$

$$0,005\% \leq V \leq 0,2\%$$

$$0,005\% \leq Ti \leq 0,1\%$$

$$0,0001\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Cu \leq 0,5\%$$

$$0,001\% \leq Ni \leq 1,0\%,$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình nấu chảy, với lượng như:

$$S < 0,003\%$$

$$P < 0,02\%$$

$$N < 0,008\%,$$

- nung tấm thép đã được cán nguội này đến nhiệt độ T1 nằm trong khoảng từ 550°C đến Ac1+50°C trong vùng lò với môi trường (A1) chứa

từ 2 đến 15% thể tích hydro, phần còn lại là nitơ và các tạp chất không thể tránh khỏi, sao cho sắt không bị oxy hóa, sau đó

- bổ sung vào môi trường lò này, ít nhất một phần tử được chọn từ hơi nước hoặc oxy với tốc độ phun Q lớn hơn $(0,07\%/giờ \times \alpha)$, α bằng 1 nếu phần tử này là hơi nước hoặc bằng 0,52 nếu phần tử này là oxy, ở nhiệt độ $T \geq T_1$, sao cho thu được môi trường (A2) với điểm sương DP2 nằm trong khoảng từ -15°C đến nhiệt độ T_e của điểm sương cân bằng sắt/sắt oxit, trong đó tốc độ phun Q được xác định là thương số giữa thể tích phun của hơi nước hoặc oxy mỗi giờ và thể tích của lò giữa vị trí phun hơi nước hoặc oxy, và điểm cuối của phần lò được nung ở nhiệt độ ủ nóng đều T_2 ,
- nung tấm này từ nhiệt độ T_1 đến nhiệt độ T_2 nằm trong khoảng từ 720°C đến 1000°C trong vùng lò trong môi trường nitơ (A2) chứa từ 2 đến 15% hydro, nhiều hơn 0,1% thể tích CO, với áp suất riêng phần của oxy cao hơn 10^{-21} at (10^{-19} kPa), trong đó khoảng thời gian t_D để nung tấm này từ nhiệt độ T_1 lên đến điểm cuối của quá trình ủ nóng đều ở nhiệt độ T_2 nằm trong khoảng từ 100 đến 500 giây,
- ủ nóng đều tấm này ở nhiệt độ T_2 , sau đó
- làm nguội tấm này với tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 10 đến $400^\circ\text{C}/\text{giây}$, sau đó
- phủ tấm này bằng lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó điểm sương DP2 nằm trong khoảng từ -10 đến $+20^\circ\text{C}$.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó môi trường (A2) chứa nhiều hơn 0,2% thể tích CO.

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó nhiệt độ T_2 nằm trong khoảng từ 750 đến 900°C , và trong đó môi trường (A2) chứa từ 3 đến 5% thể tích H_2 .

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó sau khi ủ nóng đều, tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ T3 nằm trong khoảng từ Ms đến Ms+150°C, và được duy trì ở T3 trong thời gian ít nhất 40 giây, sao cho thu được tấm thép Bainit không chứa carbua.

6. Phương pháp theo điểm 5, trong đó nhiệt độ T3 nằm trong khoảng từ Ms+10°C đến Ms+150°C.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó sau khi làm nguội, tấm thép này được làm nguội xuống nhiệt độ QT nằm trong khoảng từ Ms-5°C đến Ms-170°C, tùy ý giữ ở nhiệt độ QT này trong thời gian từ 2 đến 8 giây, sau đó nung lại đến nhiệt độ T4 nằm trong khoảng từ 350 đến 550°C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 350 đến 490°C, sao cho thu được martensit chuyển pha.

8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó vi cấu trúc thép chứa austenit được giữ lại với lượng không lớn hơn 20%.

9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó bước phủ được thực hiện bằng cách nhúng nóng.

10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó việc phủ này được thực hiện bằng cách mạ điện.

11. Tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm có độ bền kéo cao hơn 900 MPa để tạo ra các mối hàn điểm bằng điện trở có trung bình không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu 100µm trở lên trên mỗi mối hàn, bao gồm nền thép, có thành phần danh định tính theo tỷ lệ phần trăm khối lượng như sau:

$$0,07\% \leq C \leq 0,5\%$$

$$0,3\% \leq Mn \leq 5\%$$

$$0,010\% \leq Al \leq 1\%$$

$$0,010\% \leq \text{Si} \leq 2,45\%$$

$$\text{với } 0,35\% \leq (\text{Si}+\text{Al}) \leq 2,5\%,$$

$$0,001\% \leq \text{Cr} \leq 1,0\%$$

$$0,001\% \leq \text{Mo} \leq 0,5\%$$

và tùy ý

$$0,005\% \leq \text{Nb} \leq 0,1\%$$

$$0,005\% \leq \text{V} \leq 0,2\%$$

$$0,005\% \leq \text{Ti} \leq 0,1\%$$

$$0,0001\% \leq \text{B} \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq \text{Cu} \leq 0,5\%$$

$$0,001\% \leq \text{Ni} \leq 1,0\%,$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình nấu chảy, với lượng như:

$$\text{S} < 0,003\%$$

$$\text{P} < 0,02\%$$

$$\text{N} < 0,008\%,$$

và vùng D_{100} từ 0 đến 100 micron nằm ngay dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm nêu trên, trong đó hàm lượng cacbon trung bình $C_{av(100)}$ thỏa mãn trong vùng D_{100} này:

$$C_{av(100)}/C_{nom} < 0,6,$$

$C_{av(100)}$ là hàm lượng C trung bình trong vùng D_{100} nêu trên, C_{nom} là hàm lượng C danh định của thép, và :

$$C_{av(100)} + (\text{Si}_{av(100)})/32 < 0,21\%,$$

$C_{av(100)}$ và $\text{Si}_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C và Si trung bình trong vùng D_{100} nêu trên, tính theo % khối lượng.

12. Tấm thép theo điểm 11, trong đó :

$$C_{av(100)} + (\text{Si}_{av(100)}/32) + (\text{Mn}_{av(100)}/14) < 0,30\%,$$

$C_{av(100)}$, $\text{Si}_{av(100)}$ và $\text{Mn}_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si và Mn trung bình trong vùng D_{100} nêu trên, tính theo % khối lượng.

13. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm 11 hoặc 12, trong đó:

$$C_{av(100)} + (Si_{av(100)} / 32) + (Mn_{av(100)} / 14) - (Al_{av(100)} / 48) + (Cr_{av(100)} / 11) < 0,34\%,$$

$C_{av(100)}$, $Si_{av(100)}$, $Mn_{av(100)}$, $Al_{av(100)}$, $Cr_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} nêu trên, tính theo % khối lượng.

14. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm 11 đến 13, trong đó hàm lượng Mn là không đổi trong vùng D_{100} nêu trên và trong đó:

$$d_{Mnmin} > 1 \mu m,$$

d_{Mnmin} là độ sâu trong vùng D_{100} mà ở đó hàm lượng Mn bằng trị số tối thiểu Mn_{min} trong vùng nêu trên và :

$$d_{Mnmin} / (Mn_{min} / Mn_{nom}) > 8,$$

Mn_{nom} là hàm lượng Mn danh định của thép này.

15. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 14, trong đó hàm lượng Si là không đổi trong vùng D_{100} nêu trên và trong đó:

$$d_{Simin} > 1 \mu m,$$

d_{Simin} là độ sâu trong vùng D_{100} này mà ở đó hàm lượng Si bằng trị số tối thiểu Si_{min} trong vùng nêu trên và :

$$d_{Simin} / (Si_{min} / Si_{nom}) > 4,$$

Si_{nom} là hàm lượng Si danh định của thép này.

16. Phương pháp tạo ra mối hàn điểm bằng điện trở có không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu 100μm hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra ít nhất hai tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 11 đến 15, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5 mm, sau đó
- chồng ít nhất một phần các tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm nêu trên lên nhau, sau đó
- tác dụng lực nằm trong khoảng từ 350 đến 500 daN bởi các điện cực đặt vuông góc và trên mặt ngoài của các tấm chồng lên nhau này, sau đó

- hàn các tấm thép này với cường độ I nằm trong khoảng từ I_{min} đến $1,1 I_{max}$, I_{min} là cường độ tối thiểu mà lớn hơn cường độ này quan sát thấy có sự kéo đứt khi mỗi hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, I_{max} là cường độ mà ở đó bắt đầu quan sát thấy có sự xuất hiện của kim loại lỏng khi hàn điểm bằng điện trở.

17. Phương pháp tạo ra mỗi hàn điểm bằng điện trở có không quá hai vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu $100\mu m$ hoặc lớn hơn, lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra ít nhất hai tấm thép được phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm (1), với $TS > 900 MPa$, có độ dày nằm trong khoảng từ 0,5 đến 2,5 mm,
- đo $C1_{av(100)}$, $Si1_{av(100)}$, $Mn1_{av(100)}$, $Al1_{av(100)}$, $Cr1_{av(100)}$, các đại lượng này lần lượt chỉ hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm, sau đó
- tính hệ số CSI_1 của thép (1):

$$CSI_1 = C1_{av(100)} + (Si1_{av(100)} / 32) + (Mn1_{av(100)} / 14) - (Al1_{av(100)} / 48) + (Cr1_{av(100)} / 11)$$
- sau đó,
- thực hiện việc hàn điểm bằng điện trở trên ít nhất 10 mỗi hàn với cường độ I_1 nằm trong khoảng từ I_{min} đến $1,1 I_{max}$, I_{min} là cường độ tối thiểu mà lớn hơn cường độ này quan sát thấy có sự kéo đứt khi mỗi hàn điểm bằng điện trở được thực hiện thử nghiệm kéo đứt, I_{max} là cường độ mà ở đó bắt đầu quan sát thấy có sự xuất hiện của kim loại lỏng khi hàn điểm bằng điện trở, sau đó
- đo số lượng trung bình $Crack1_{av}$ của các vết nứt do sự giòn của kim loại lỏng có độ sâu $100\mu m$ hoặc lớn hơn, từ ít nhất 10 mỗi hàn, sau đó, nếu $Crack1_{av}$ cao hơn 2,
- chuẩn bị tấm thép phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm thứ hai (2) có $TS > 900 MPa$, có độ dày là bằng độ dày của thép (1), thành phần của thép (2) được chọn sao cho :

$$CSI_2 < CSI_1 - ((Crack1_{av} - 2)/20)$$

với:

$$CSI_2 = C2_{av(100)} + (Si2_{av(100)} / 32) + (Mn2_{av(100)} / 14) - (Al2_{av(100)} / 48) + (Cr2_{av(100)} / 11)$$

$C2_{av(100)}$, $Si2_{av(100)}$, $Mn2_{av(100)}$, $Al2_{av(100)}$, $Cr2_{av(100)}$ lần lượt là hàm lượng C, Si, Mn, Al, Cr trung bình trong vùng D_{100} của nền thép (2) nằm trong khoảng từ 0 đến 100 micron dưới lớp phủ kẽm hoặc hợp kim kẽm,

- thực hiện việc hàn điểm bằng điện trở trên tấm thép (2) với cường độ II nêu trên.