



(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)



1-0034173

(51)¹⁹ C22C 38/00; C22C 38/58; C21D 9/46

(13) B

(21) 1-2019-06840

(22) 07/05/2018

(86) PCT/EP2018/061722 07/05/2018

(87) WO2018/202916 08/11/2018

(30) PCT/IB2017/052631 05/05/2017 IB

(45) 26/12/2022 417

(43) 25/05/2020 386ASC

(73) ARCELORMITTAL (LU)

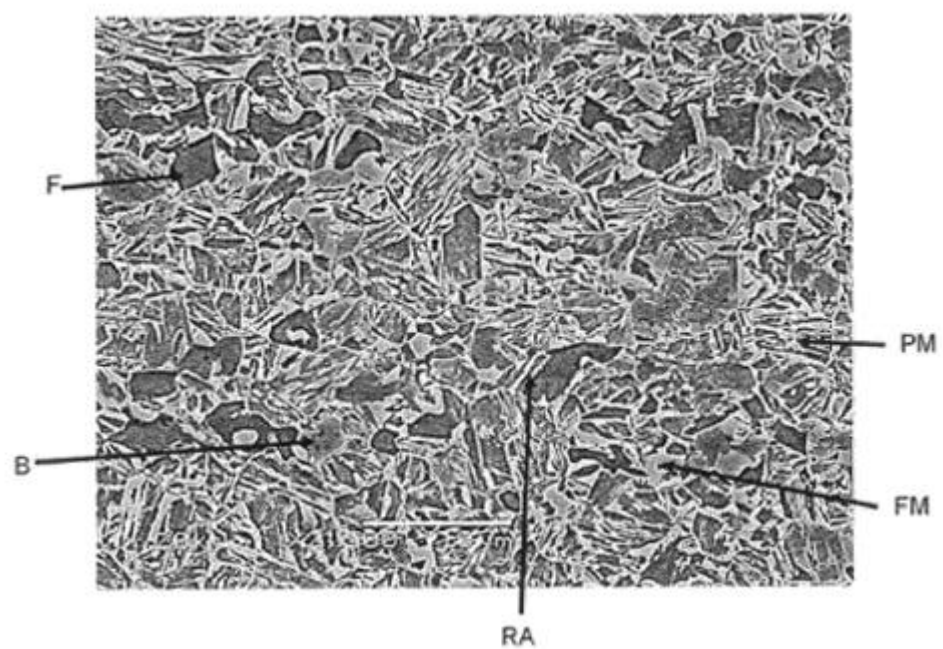
24-26, Boulevard d'Avranches, L-1160 LUXEMBOURG, LUXEMBOURG

(72) VENKATASURYA, Pavan C (IN); CHAKRABORTY, Anirban (IN); GHASSEMI-ARMAKI, Hassan (IN).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP PHỦ, QUY TRÌNH TẠO RA MÔI HÀN ĐIỂM BẰNG ĐIỆN TRỞ GIỮA ÍT NHẤT HAI TẤM THÉP, TẤM THÉP PHỦ, KẾT CẤU HÀN VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT KẾT CẤU HÀN

(57) Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép phủ bao gồm các bước: tạo ra tấm cán nguội, có thành phần như sau: $0,15\% \leq C \leq 0,23\%$, $1,4\% \leq Mn \leq 2,6\%$, $0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$, với $C+Si/10 \leq 0,30\%$, $0,4\% \leq Al \leq 1,0\%$, với $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$, $0,010\% \leq Nb \leq 0,035\%$, $0,1\% \leq Mo \leq 0,5\%$, ủ tấm thép này ở nhiệt độ nằm trong khoảng 860°C - 900°C để thu được cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và ít nhất 2% ferit có cấu trúc hai pha, tôi ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $Ms-10^{\circ}\text{C}$ đến $Ms-60^{\circ}\text{C}$ với tốc độ V_c cao hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, nung ở nhiệt độ PT nằm trong khoảng từ 410°C đến 470°C trong thời gian từ 60 giây đến 130, phủ nhúng nóng tấm này, và làm nguội đến nhiệt độ trong phòng. Vi cấu trúc này bao gồm 45% đến 68% martensit, 85% đến 95% martensit đã được chuyển pha có hàm lượng C tối đa là 0,45%, và martensit mới; 10% đến 15% austenit được giữ lại; 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha; 20% đến 30% bainit thấp. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến quy trình tạo ra môi hàn điểm bằng điện trở giữa ít nhất hai tấm thép, tấm thép phủ, kết cấu hàn và quy trình sản xuất kết cấu hàn này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền và độ dẻo cao cũng như có khả năng tạo hình và khả năng hàn cao, và tấm thép thu được bằng phương pháp này.

Để sản xuất các thiết bị khác nhau như các bộ phận có các chi tiết kết cấu thân và tác tấm thân dùng cho xe ô tô, đã biết cách sử dụng các tấm làm bằng thép DP (hai pha) hoặc thép TRIP (có tính dẻo do sự chuyển pha - Transformation Induced Plasticity).

Cũng đã biết sử dụng thép có cấu trúc bainit, không có các kết tủa cacbua, với austenit được giữ lại, chứa khoảng 0,2% C, khoảng 2% Mn, khoảng 1,7% Si, với giới hạn chảy khoảng 750 MPa, độ bền kéo khoảng 980 MPa, tổng độ giãn dài khoảng 8%. Các tấm này được sản xuất trên dây chuyền ủ liên tục bằng cách làm nguội từ nhiệt độ ủ cao hơn nhiệt độ chuyển pha Ac3, xuống nhiệt độ giữ cao hơn nhiệt độ chuyển pha Ms và duy trì tấm thép này ở nhiệt độ này trong một khoảng thời gian nhất định. Để giảm khối lượng của ô tô nhằm cải thiện hiệu quả sử dụng nhiên liệu của chúng nhằm gìn giữ môi trường toàn cầu, việc có các tấm có giới hạn chảy cao và độ bền kéo, cũng như có độ dẻo tốt và khả năng tạo hình tốt và đặc biệt hơn khả năng tạo mép kéo căng tốt là điều mong muốn.

Về mặt này, việc có các tấm được phủ có giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo TS ít nhất là 1180 MPa, tổng độ giãn dài TE ít nhất là 13%, và tỷ lệ mở rộng lỗ HER ít nhất là 30% là điều mong muốn.

Độ bền kéo TS và tổng độ giãn dài TE được đo theo tiêu chuẩn ISO 6892-1, được công bố vào tháng 10 năm 2009. Điều cần phải nhấn mạnh rằng, do sự khác biệt về phương pháp đo, cụ thể do sự khác biệt về hình học của mẫu thử nghiệm được sử dụng, các giá trị tổng độ giãn dài TE theo tiêu chuẩn ISO là rất khác nhau, và cụ thể là thấp hơn, so với các giá trị tổng độ giãn dài được đo theo tiêu chuẩn JIS Z 2201-05.

Tỷ lệ mở rộng lỗ HER được đo theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009. Do sự khác biệt về các phương pháp đo, nên các giá trị của tỷ lệ mở rộng lỗ HER theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009 là rất khác và không so sánh được với các giá trị của tỷ lệ mở rộng lỗ theo JFS T 1001 (Tiêu chuẩn liên đoàn sắt và thép Nhật Bản).

Tuy nhiên, để đạt được sự kết hợp như vậy giữa độ bền và độ dẻo, nói chung cần phải bổ sung lượng lớn C và Si. Các nguyên tố như vậy làm giảm đáng kể khả năng hàn

của thép, đặc biệt là khả năng hàn điểm, bởi việc dẫn đến sự hiện diện của các vết nứt trong các mối hàn điểm.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, sáng chế nhằm tạo ra tấm thép phủ có các đặc điểm và đặc tính cơ học nêu trên, cùng với khả năng hàn cao, đặc biệt là khả năng hàn điểm cao, và phương pháp để tạo ra nó.

Nhằm mục đích này, sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép phủ có giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa, tổng độ giãn dài theo tiêu chuẩn ISO 6892-1 ít nhất là 13% và tỷ lệ mở rộng lỗ HER theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009 ít nhất là 30%, trong đó phương pháp này lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra tấm thép cán nguội, làm bằng thép có thành phần hoá học tính theo % khối lượng như sau:

$$0,15\% \leq C \leq 0,23\%$$

$$1,4\% \leq Mn \leq 2,6\%,$$

$$0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$$

$$\text{với } C+Si/10 \leq 0,30\%,$$

$$0,4\% \leq Al \leq 1,0\%,$$

$$\text{với } Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%,$$

$$0,010\% \leq Nb \leq 0,035\%,$$

$$0,1\% \leq Mo \leq 0,5\%,$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

- ủ tấm thép cán nguội này ở nhiệt độ ủ T_A nằm trong khoảng từ 860°C và 900°C để thu được tấm thép đã được ủ có cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và ít nhất 2% ferit có cấu trúc hai pha,

- tôi tấm thép đã được ủ này từ nhiệt độ ủ T_A xuống nhiệt độ tôi QT nằm trong khoảng từ $M_s-10^\circ\text{C}$ và $M_s-60^\circ\text{C}$ với tốc độ làm nguội trung bình V_c cao hơn 30°C/giây, để thu được tấm thép đã được làm nguội,

- nung tấm thép đã được làm nguội này từ nhiệt độ tôi QT tới nhiệt độ chuyển pha PT nằm trong khoảng từ 410°C và 470°C, và duy trì tấm thép này ở nhiệt độ chuyển pha PT trong thời gian chuyển pha Pt nằm trong khoảng từ 60 giây đến 130 giây,

- phủ nhúng nóng tấm thép này trong dung dịch,

- làm nguội tấm thép này xuống nhiệt độ trong phòng, để thu được tấm thép phủ có vi cấu trúc bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp.

Tốt hơn là, tấm thép đã được làm nguội này có, ngay trước khi nung ở nhiệt độ chuyển pha PT, cấu trúc bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- ít nhất 10% austenit được giữ lại,
- ít nhất 38% martensit, và
- ít nhất 15% bainit thấp
- tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Theo một phương án, bước tạo ra tấm thép cán nguội lần lượt bao gồm các bước sau:

- cán nóng bán thành phẩm bằng thép nêu trên để thu được tấm thép cán nóng,
- cuộn tấm thép cán nóng này ở nhiệt độ T_c nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C,

- thực hiện việc ủ theo mẻ ở nhiệt độ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 500°C và 700°C trong thời gian từ 2 và 6 ngày,

- cán nguội tấm thép cán nóng này để thu được tấm thép cán nguội.

Tốt hơn là, tấm thép cán nguội được duy trì ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A nằm trong khoảng từ 80 giây đến 180 giây.

Theo phương án được ưu tiên, nhiệt độ ủ T_A tối đa là 880°C, để thu được, sau khi ủ, tấm thép đã được ủ có cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha, vì cấu trúc của tấm thép phủ này chứa nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Tốt hơn là, tấm thép phủ có cấu trúc bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp

- tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Tốt hơn là, tốc độ làm nguội trung bình V_c từ nhiệt độ ủ TA đến nhiệt độ tôi QT ít nhất là $50^\circ\text{C}/\text{giây}$, vì cấu trúc của tấm thép phủ này chứa, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp,

tấm thép phủ này có tổng độ giãn dài ít nhất là 14%.

Tốt hơn nữa là, tốc độ làm nguội trung bình V_c từ nhiệt độ ủ TA đến nhiệt độ tôi QT ít nhất là $60^\circ\text{C}/\text{giây}$, tổng độ giãn dài ít nhất là 14% và độ bền kéo ít nhất là 1250 MPa.

Theo một phương án, hàm lượng Si và Al trong thành phần thép này là sao cho $0,6\% \leq \text{Si} < 1,0\%$ và $0,7\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%$.

Tốt hơn là, hàm lượng C trong thành phần thép này là sao cho $0,17\% \leq C \leq 0,21\%$.

Tốt hơn là, hàm lượng C trong thành phần thép này là sao cho $1,9\% \leq \text{Mn} \leq 2,3\%$.

Theo một phương án, tấm thép được phủ Zn hoặc hợp kim Zn.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến quy trình tạo ra mỗi hàn điểm bằng điện trở giữa ít nhất hai tấm thép, quy trình này bao gồm các bước:

- tạo ra tấm thép phủ thứ nhất bằng phương pháp theo sáng chế,
- tạo ra tấm thép thứ hai có thành phần sao cho $C+\text{Si}/10 \leq 0,30\%$ và $\text{Al} \geq 6(C+\text{Mn}/10) - 2,5\%$,
- hàn điểm bằng điện trở tấm thép phủ thứ nhất nêu trên vào tấm thép thứ hai nêu trên.

Ví dụ, tấm thép thứ hai được sản xuất bởi phương pháp theo sáng chế.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến Tấm thép phủ làm bằng thép có thành phần hoá học tính theo % khối lượng như sau:

$$0,15\% \leq C \leq 0,23\%$$

$$1,4\% \leq \text{Mn} \leq 2,6\%,$$

$$0,6\% \leq \text{Si} \leq 1,3\%$$

$$\text{với } C+\text{Si}/10 \leq 0,30\%$$

$$0,4\% \leq Al \leq 1,0\%,$$

$$\text{với } Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%,$$

$$0,010\% \leq Nb \leq 0,035\%,$$

$$0,1\% \leq Mo \leq 0,5\%,$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,
tấm thép phủ này có vi cấu trúc bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp.

Tốt hơn là, austenit được giữ lại có hàm lượng C trung bình nằm trong khoảng từ 1,0% đến 1,3%.

Theo một phương án được ưu tiên, vi cấu trúc của tấm thép phủ này chứa nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Theo một phương án, hàm lượng Si và Al trong thành phần thép này là sao cho $0,6\% \leq Si < 1,0\%$ và $0,7\% \leq Al \leq 1,0\%$.

Theo một phương án, hàm lượng C trong thành phần thép này là sao cho $0,17\% \leq C \leq 0,21\%$.

Theo một phương án, hàm lượng Mn trong thành phần thép này là sao cho $1,9\% \leq Mn \leq 2,3\%$.

Nói chung, tấm thép phủ có giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa, tổng độ giãn dài theo ISO 6892-1 ít nhất là 13% và tỷ lệ mở rộng lỗ theo ISO 16630:2009 HER ít nhất là 30%.

Theo một phương án, tấm thép được phủ Zn hoặc hợp kim Zn, lớp phủ thu được từ việc phủ ở nhiệt độ nhỏ hơn 480°C.

Tốt hơn là, tấm thép phủ có cấu trúc bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp

- tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Tốt hơn là, vì cấu trúc này bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,

- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,

- từ 20% đến 30% bainit thấp.

Theo một phương án này, tổng độ giãn dài nói chung ít nhất là 14%.

Theo một phương án, độ bền kéo ít nhất là 1250 MPa và tổng độ giãn dài ít nhất là 14%.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến kết cấu hàn có ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở làm bằng ít nhất tám thép thứ nhất và tám thép thứ hai, trong đó tám thép thứ nhất là tám thép phủ theo sáng chế, và tám thép thứ hai có thành phần sao cho $C+Si/10 \leq 0,30\%$ và $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$, và trong đó số lượng trung bình của các vết nứt trên mỗi mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 6.

Theo một phương án, tám thép thứ hai là tám thép phủ theo sáng chế.

Tốt hơn là, kết cấu hàn là kết cấu hàn làm bằng tám thép thứ nhất và tám thép thứ hai (tức là, chỉ hai tám thép), số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron trong ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 0,1.

Nếu kết cấu hàn là kết cấu hàn làm bằng tám thép thứ nhất, tám thép thứ hai và tám thép thứ ba, tám thép thứ ba có thành phần sao cho $C+Si/10 \leq 0,30\%$ và $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$, số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron trong ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở nói chung nhỏ hơn 4.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến quy trình sản xuất kết cấu hàn theo sáng chế, bao gồm các bước:

- tạo ra tám thép thứ nhất và tám thép thứ hai,

- chồng một phần tám thép thứ nhất lên tám thép thứ hai,

- tác dụng một lực nằm trong khoảng từ 3,5 đến 5 kN bởi các điện cực được đặt vuông góc với các tám thép chồng lên nhau,

- hàn điểm bằng điện trở tám thép thứ nhất và thứ hai để tạo ra ít nhất 10 mỗi hàn điểm bằng điện trở, với cường độ nằm trong khoảng từ I_{max} và $1,1 \cdot I_{max}$, 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 tám thép phủ thứ nhất nêu trên vào tám thép thứ hai nêu trên.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến việc sử dụng tấm thép phủ được sản xuất theo sáng chế, hoặc tấm thép phủ theo sáng chế, để sản xuất các bộ phận kết cấu trong các xe ô tô.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến việc sử dụng mối hàn điểm bằng điện trở được sản xuất theo sáng chế, hoặc kết cấu hàn theo sáng chế, để sản xuất các bộ phận kết cấu trong các xe ô tô.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là hình vẽ thể hiện vi ảnh của thép theo sáng chế như được nêu trong trong ví dụ 11. Trên hình vẽ này, F là ferit có cấu trúc hai pha, B là bainit thấp, PM là martensit đã được chuyển pha, FM là martensit mới và RA là austenit được giữ lại.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết nhưng mà không cần đưa vào các giới hạn, với việc viện dẫn đến các hình vẽ kèm theo thể hiện các vi ảnh của thép theo sáng chế.

Thành phần của thép theo sáng chế bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng:

- 0,15% đến 0,23% cacbon để đảm bảo độ bền thỏa mãn và cải thiện độ ổn định của austenit được giữ lại cần thiết để thu được độ giãn dài đủ. Tốt hơn là, hàm lượng cacbon cao hơn hoặc bằng 0,17%, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,21%. Nếu hàm lượng cacbon quá cao, thì được tấm cán nóng là quá cứng để cán nguội và khả năng hàn, đặc biệt là khả năng hàn điểm, là không đủ. Nếu hàm lượng cacbon dưới 0,15%, thì độ bền kéo sẽ không đạt 1180 MPa.

- 1,4% đến 2,6% mangan. Tối thiểu được xác định là có đủ khả năng hóa cứng để thu được vi cấu trúc chứa ít nhất 45% martensit và ít nhất 85% martensit đã được chuyển pha trong martensit, và độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa. Tối đa được xác định là để tránh có các vấn đề phân tách mà gây bất lợi cho độ dẻo. Tốt hơn là, hàm lượng mangan cao hơn hoặc bằng 1,9%, và/hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 2,3%.

- 0,6% đến 1,3% silic và 0,4% đến 1,0% Nhôm. Trong thép theo sáng chế, cả Si lẫn Al đều được bổ sung làm chất làm ổn định austenit. Đặc biệt là, Si và Al làm chậm việc tạo ra cacbua khi tấm thép được làm nguội ở nhiệt độ để có được sự chuyển hóa martensit một phần, và ngay lập tức được nung và được duy trì ở nhiệt độ PT trong đó cacbon được chuyển pha từ martensit thành austenit. Nếu Si và Al được bổ sung vào với lượng đủ, thì sự chuyển pha cacbon xảy ra mà không kèm theo sự kết tủa cacbua đáng kể. Ngoài ra, Si tạo cho dung dịch rắn được tăng bền và cải thiện tỷ lệ mở rộng lỗ.

Tuy nhiên, hàm lượng Si phải được bị giới hạn ở 1,3% để tránh tạo ra of silic oxit trên bề mặt của tấm mà sẽ gây bất lợi cho khả năng phủ.

Hầu hết, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng khi $Si/10 > 0,30\% - C$ (Si và C được tính theo phần trăm khối lượng), do LME (hiện tượng hóa giòn kim loại lỏng), silic gây bất lợi cho mỗi hàn điểm của các tấm được mạ. Sự xuất hiện LME gây nứt ở biên hạt trong các vùng bị tác dụng nhiệt và trong kim loại hàn của các mối hàn. Do đó $(C + Si/10)$ phải được duy trì với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%. Tốt hơn là, hàm lượng Si tối đa là 1,0%

Ngoài ra, Al phải được bổ sung với lượng ít nhất là 0,4% để có được sự ổn định austenit đủ. Tuy nhiên, hàm lượng Al bị giới hạn ở 1,0% để ngăn ngừa sự tăng nhiệt độ chuyển hóa Ac3, điều này sẽ có nghĩa là chi phí cao hơn khi việc nung ở nhiệt độ cao để thu được sự austenit hóa tấm thép ở bước ủ.

Ngoài ra, Al có tác dụng được ưa chuộng bởi việc làm giảm độ nhạy LME khi hàm lượng C và/hoặc Mn cao. Do vậy, hàm lượng Al là sao cho $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$. Tốt hơn là, hàm lượng Al ít nhất là 0,7%.

- từ 0,010% đến 0,035% Niobi, để tinh chế các hạt austenit trong khi cán nóng và để tạo cho kết tủa được tăng bền trong khi xử lý nhiệt cuối. Hàm lượng Nb nằm trong khoảng từ 0,010% đến 0,035% cho phép có thể thu được giới hạn chảy và độ giãn dài thỏa mãn, cụ thể giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa.

- 0,1% đến 0,5% molipđen, để làm tăng khả năng hóa cứng và để làm ổn định austenit được giữ lại để giảm mạnh sự phân hủy austenit trong khi chuyển pha. Tốt hơn là, hàm lượng Mo ít nhất là 0,20%.

Phần còn lại là sắt và các nguyên tố còn lại thu được từ quá trình luyện thép. Về mặt này, Ni, Cr, Cu, Ti, V, B, S, P và N ít nhất được coi là các nguyên tố còn lại mà là các tạp chất không thể tránh khỏi. Do đó, hàm lượng tính theo phần trăm khối lượng của chúng là nhỏ hơn 0,05% đối với Ni, 0,01% đối với Cr, 0,03% đối với Cu, 0,007% đối với V, 2ppm đối với B, 0,005% đối với S, 0,02% đối với P và 0,010% đối với N. Hàm lượng Ti bị giới hạn ở 0,05% vì trên các giá trị này, carbonitrua có cỡ hạt lớn sẽ kết tủa chủ yếu ở trạng thái lỏng, và khả năng tạo hình của tấm thép sẽ giảm, khiến cho mục tiêu tổng độ giãn dài là 13% khó hơn để có thể đạt được.

Với các tấm được phủ thép theo sáng chế, đặc biệt là được phủ Zn hoặc các hợp kim Zn, khả năng hàn điểm có thể bị ảnh hưởng bởi hiện tượng LME (sự hóa giòn kim loại lỏng).

Độ nhạy của thép cụ thể đối với hiện tượng này có thể được đánh giá bằng thử nghiệm kéo được thực hiện ở nhiệt độ cao. Cụ thể, thử nghiệm kéo nóng này có thể được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị mô phỏng nhiệt Gleeble RPI, thiết bị như vậy là đã biết trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Thử nghiệm này có tên gọi là “thử nghiệm LME Gleeble” được mô tả như sau:

- các mẫu của các tấm được phủ có độ dày từ 0,7 mm đến 3 mm được thực hiện các thử nghiệm kéo ở nhiệt độ cao để xác định đó là sự dịch chuyển tối thiểu mà xảy ra hiện tượng nứt quanh vùng hàn. Các mẫu được cắt thành tấm có vùng được hiện chỉnh dài 10mm và rộng 10mm, và các đầu là dài 40 mm và rộng 30 mm, bán kính cong giữa ác đầu và các phần đã được hiện chỉnh là 5 mm.

- các thử nghiệm kéo ở nhiệt độ cao được thực hiện bằng cách làm nóng nhanh ($1000^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) mỗi mẫu, duy trì mẫu ở nhiệt độ định trước và cho mẫu được nung nóng đến độ giãn dài hoặc sự dịch chuyển định trước, sau đó làm nguội mẫu trong không khí, độ giãn dài hoặc mức độ dịch chuyển được duy trì. Sau khi làm nguội, các mẫu được quan sát để xác định xem có vết nứt do LME hoặc không. Điều được xác định là mẫu có vết nứt nếu ít nhất một vết nứt ít nhất là 2 mm được tạo ra trên mẫu này.

- các thử nghiệm được thực hiện ở nhiều mức nhiệt độ định trước, như 700°C , 750°C , 800°C , 850°C , 900°C và 950°C , và với độ giãn dài hoặc mức độ dịch chuyển là 0,5 mm, 0,75 mm, 1 mm, 1,25 mm, 1,5 mm, 1,75 mm, 2 mm, và .v.; độ giãn dài hoặc mức độ dịch chuyển là độ giãn dài hoặc mức độ dịch chuyển của các vấu kẹp giữ các mẫu trên thiết bị mô phỏng Gleeble.

- sự dịch chuyển tới hạn đối với sự khởi đầu của vết nứt được báo cáo và sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu, tức là sự dịch chuyển tối thiểu mà xảy ra vết nứt, được xác định đối với khoảng nhiệt độ được xem xét.

Thông thường, đã cho rằng khi sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu nhỏ hơn 1,5 mm ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C , khả năng sự xuất hiện LME trong mỗi hàn điểm bằng điện trở là cao, và khi sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu ít nhất là 1,5 mm, khả năng quan sát nhiều vết nứt do LME trong mỗi hàn điểm bằng điện trở là thấp.

Về mặt này, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng đối với thép theo sáng chế, nếu $(\text{C}+\text{Si}/10)$ nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%, và Al là lớn hơn hoặc bằng $6(\text{C}+\text{Mn}/10) - 2,5\%$, sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu ít nhất là 1,5 mm, và khi $(\text{C}+\text{Si}/10)$ lớn hơn 0,30% và/hoặc Al thấp hơn $6(\text{C}+\text{Mn}/10) - 2,5\%$, thì sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu nhỏ hơn 1,5 mm, và thậm chí nhỏ hơn 1 mm.

Để ví dụ, các thử nghiệm LME Gleeble được thực hiện với thép có thành phần sau:

S1 : C = 0,226%, Mn = 2,01%, Si = 0,716. Al = 0,802%,

S2 : C = 0,204%, Mn = 2,07%, Si = 1,44%, Al = 0,033%,

For S1, $\text{C}+\text{Si}/10 = 0,2976\%$ và sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu là 2,25 mm.

For S2, $\text{C}+\text{Si}/10 = 0,4412\%$ và sự dịch chuyển tới hạn tối thiểu là 0,9 mm.

Phương pháp khác để đánh giá khả năng hàn điểm của các tấm được phủ là “thử nghiệm mối hàn điểm LME” mà cho phép xác định khả năng có các mối hàn bị nứt trong số các mối hàn điểm bằng điện trở quan trọng, ví dụ trong sản xuất công nghiệp các sản phẩm bao gồm các bộ phận mà được lắp ráp bằng cách hàn điểm bằng điện trở như, ví dụ, các thân xe.

“Thử nghiệm hàn điểm LME” này thu được từ thử nghiệm tuổi thọ điện cực đối với mối hàn điểm bằng điện trở trong đó nhiều mối hàn điểm bằng điện trở, ví dụ 30 mối hàn, được thực hiện trên ba tấm chồng lên nhau: tấm cần được thử nghiệm và hai tấm đỡ làm bằng các tấm cacbon thấp được mạ kẽm, ví dụ DX54D+Z theo EN 10346. Độ dày của các tấm này là 1,6 mm và mối hàn điểm bằng điện trở được tạo ra theo tiêu chuẩn ISO 18278 – 2 đối với cùn lắp ráp không đồng nhất. Các thông số là như sau:

- đường kính đầu điện cực: 8 mm,
- lực hàn: 4,5 kN,
- thời gian hàn: 3 xung 180 mili giây cách nhau khoảng thời gian 40 mili giây (thời gian làm nguội),
- thời gian giữ: 400 mili giây.

Đối với thử nghiệm này, để xác định sự xuất hiện cuối cùng của vết nứt trong mối hàn điểm bằng điện trở, các mẫu được cắt và được đánh bóng. Sau đó, mối hàn điểm bằng điện trở được khắc ăn mòn bằng axit picric, và được quan sát bằng kính hiển vi, ví dụ với độ phóng đại 200 lần, để xác định số lượng vết nứt trong mỗi mối hàn điểm bằng điện trở quan sát được và tổng độ dài của vết nứt trong mỗi mối hàn điểm bằng điện trở.

Đối với các ví dụ S1 và S2, tỷ lệ số lượng các vết nứt đối với mỗi mối hàn điểm bằng điện trở là như sau:

- S1: thử nghiệm LME Gleeble $\geq 1,5$ mm, 80% mối hàn điểm bằng điện trở có không nhiều hơn 10 vết nứt, 0% có 20 vết nứt hoặc nhiều hơn,
- S2: thử nghiệm LME Gleeble $< 1,5$ mm, chỉ 40% mối hàn điểm bằng điện trở có không nhiều hơn 10 vết nứt, và 30% có 20 vết nứt hoặc nhiều hơn.

Nếu số lượng trung bình của các vết nứt trong mỗi mối hàn điểm bằng điện trở được xem xét, các kết quả là như sau:

- S1: số lượng trung bình của các vết nứt trong mỗi mối hàn điểm bằng điện trở là 5,
- S2: số lượng trung bình của các vết nứt trong mỗi mối hàn điểm bằng điện trở là 10.

Được tấm cán nóng có độ dày nằm trong khoảng từ 2 đến 5 mm có thể được sản xuất theo cách đã biết từ thành phần thép theo sáng chế nêu trên.

Để làm ví dụ, nhiệt độ nung nóng lại trước khi cán có thể là nằm trong khoảng từ 1200°C đến 1280°C, tốt hơn là khoảng 1250°C, nhiệt độ cán cuối tốt hơn là nằm trong khoảng từ Ar3 đến 950°C, và tốt hơn là cao hơn 850°C, và việc cuộn được thực hiện ở nhiệt độ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C. Tốt hơn là, nếu Si > 1,0%, nhiệt độ cuộn nhỏ hơn hoặc bằng 550°C.

Sau khi cuộn, tấm này có cấu trúc ferrito-bainit-martensit hoặc ferrito-pearlito-bainit.

Sau khi cuộn, tốt hơn là tấm này được ủ theo mẻ để giảm độ cứng của tấm thép cán nóng và do đó cải thiện khả năng cán nguội của tấm thép cán nóng.

Ví dụ, tấm thép cán nóng được ủ theo mẻ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C, ví dụ nằm trong khoảng từ 550°C đến 650°C, trong thời gian nằm trong khoảng từ 2 đến 6 ngày, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 3 đến 5 ngày. Thời gian này bao gồm việc nung đến nhiệt độ ủ theo mẻ và làm nguội từ nhiệt độ ủ theo mẻ xuống nhiệt độ môi trường.

Sau khi được ủ theo mẻ, nếu được thực hiện, tấm thép cán nguội có cấu trúc ferit-bainito-martensit đã được tối.

Tấm thép đã được cán nóng và tùy ý được ủ theo mẻ tùy ý được tẩy gỉ, sau đó được cán nguội để thu được tấm thép cán nguội có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7 mm đến 3 mm, ví dụ nằm trong khoảng từ 0,8 đến 2 mm.

Sau đó, tấm thép cán nguội được xử lý nhiệt, tốt hơn là trên dây chuyền phủ nhúng nóng và ủ liên tục kết hợp.

Việc xử lý nhiệt và phủ bao gồm các bước:

- ủ tấm thép cán nguội này ở nhiệt độ ủ T_A nằm trong khoảng từ 860°C đến 900°C, nhiệt độ ủ T_A là sao cho, khi kết thúc bước ủ, thép này có cấu trúc bao gồm austenit và ferit có cấu trúc hai pha, phần austenit ít nhất là 90% và phần ferit có cấu trúc hai pha ít nhất là 2%. Do vậy, việc ủ được thực hiện ở nhiệt độ thấp hơn Ac3, Ac3 là nhiệt độ của cuối của quá trình chuyển hóa thành austenit ở bước nung. Nếu nhiệt độ ủ T_A thấp hơn 860°C, phần martensit không đủ và austenit được giữ lại đạt được trong cấu trúc cuối (tức là, sau khi xử lý nhiệt và phủ), khiến cho độ bền kéo và tổng độ giãn dài đích là không đạt được. Nếu nhiệt độ ủ T_A cao hơn 900°C, thì cấu trúc cuối bao gồm phần ferit có cấu trúc hai pha không đủ, khiến cho tổng độ giãn dài ít nhất là 13% không đạt được. Tốt hơn là, nhiệt độ ủ tối đa là 880°C, để khi kết thúc bước ủ đạt được cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Tấm này được duy trì ở nhiệt độ ủ tức là được duy trì ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ $T_A - 5^{\circ}\text{C}$ đến $T_A + 5^{\circ}\text{C}$, trong thời gian ủ t_A tốt hơn là nằm trong khoảng từ 80 giây đến 180 giây. Tốt hơn là, thời gian ủ t_A nằm trong khoảng từ 85 giây đến 136 giây.

- ngay sau bước ủ, việc tôi tấm thép đã được ủ bằng cách làm nguội nó từ nhiệt độ ủ T_A đến nhiệt độ tôi QT thấp hơn nhiệt độ chuyển pha M_s của austenit thu được sau khi ủ, ở tốc độ làm nguội đủ nhanh để tránh tạo ra bainit to và ở dạng hạt, và tránh hoặc hạn chế mức độ tạo ra ferit.

Tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ủ T_A xuống nhiệt độ tôi QT là hoàn toàn cao hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốt hơn là cao hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốt hơn nữa là cao hơn $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Thực vậy, với tốc độ làm nguội $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn, giới hạn chảy và độ bền kéo dích không đạt được. Tốc độ làm nguội lớn hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ cho phép hạn chế mức độ tạo ra ferit khi làm nguội, chiếm tỷ lệ nhỏ hơn 5%.

Tốc độ làm nguội ít nhất là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ cho phép ngăn chặn được sự tạo ra ferit khi làm nguội. Do vậy, tốc độ làm nguội ít nhất là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bảo đảm rằng cấu trúc của tấm thép này khi tôi, và do đó cấu trúc cuối của tấm thép được phủ, không bao gồm ferit bất kỳ thu được từ quá trình chuyển hóa austenit thành ferit. Tốc độ làm nguội ít nhất là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ cho phép đạt được tổng độ giãn dài ít nhất là 14%, kết hợp với giới hạn chảy, độ bền kéo và tỷ lệ mở rộng lỗ dích.

Tốc độ làm nguội ít nhất là $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ cho phép đạt được tổng độ giãn dài ít nhất là 14% và độ bền kéo ít nhất là 1250 MPa.

Nhiệt độ tôi nằm trong khoảng từ $M_s-60^{\circ}\text{C}$ đến $M_s-10^{\circ}\text{C}$. Đối với mỗi thành phần cụ thể của thép và mỗi cấu trúc, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết cách xác định nhiệt độ chuyển pha M_s của austenit được giữ lại sau khi ủ. Nếu nhiệt độ tôi QT thấp hơn $M_s-60^{\circ}\text{C}$, thì phần martensit tạo ra khi tôi là quá cao để làm ổn định lượng đủ austenit được giữ lại trên 10% trong cấu trúc cuối, khiến cho tổng độ giãn dài không đạt 13%. Ngoài ra, nếu nhiệt độ tôi QT cao hơn $M_s-10^{\circ}\text{C}$, phần martensit đã được chuyển pha trong cấu trúc cuối là quá thấp để thu được độ bền kéo mong muốn.

Cấu trúc của thép ở nhiệt độ tôi QT tốt hơn là bao gồm:

- từ 2% đến 10%, và tốt hơn là hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha,
- ít nhất 10% austenit được giữ lại,
- ít nhất 38% martensit, và
- ít nhất 15% bainit thấp.

Ferit có cấu trúc hai pha thu được từ việc ủ ở nhiệt độ dưới A_{c3} . Ferit có cấu trúc hai pha là khác với ferit mà có thể được tạo ra sau khi ủ, dưới đây được gọi là “chuyển

hóa ferit”, thu được từ quá trình chuyển hóa austenit thành ferit. Ví dụ, việc chuyển hóa ferit như vậy có thể xảy ra trong quá trình làm nguội từ nhiệt độ ủ T_A xuống nhiệt độ tôi QT nếu tốc độ làm nguội là không đủ để ngăn ngừa sự tạo ra như vậy (tức là, $30^\circ\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn). Cụ thể, trái với ferit chuyển hóa, ferit có cấu trúc hai pha là đa giác. Ngoài ra, ferit chuyển hóa này được làm giàu cacbon và mangan, tức là chứa hàm lượng cacbon và mangan cao hơn hàm lượng cacbon và mangan trong ferit có cấu trúc hai pha. Do đó, ferit có cấu trúc hai pha và ferit chuyển hóa này có thể được phân biệt bằng cách quan sát vi ảnh bằng kính hiển vi FEG-TEM sử dụng các điện tử thứ cấp, sau khi khắc ăn mòn bằng metabisulfit. Trên vi ảnh như vậy, ferit có cấu trúc hai pha xuất hiện với màu xám thông thường, trong khi ferit chuyển hóa này xuất hiện với màu xám sẫm, do có hàm lượng cacbon và mangan cao hơn.

Cấu trúc ở nhiệt độ tôi QT có thể chứa ferit chuyển hóa, tuy nhiên với lượng tối đa tối đa 5%, và nói chung tối đa 2%.

Do vậy, cấu trúc của thép ở nhiệt độ tôi nói chung bao gồm:

- từ 2% đến 10%, và tốt hơn là hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha,
- ít nhất 10% austenit được giữ lại,
- ít nhất 38% martensit,
- ít nhất 15% bainit thấp, và
- tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.

Ngoài ra, khi tốc độ làm nguội đến nhiệt độ tôi QT ít nhất là $50^\circ\text{C}/\text{giây}$, cấu trúc ở nhiệt độ tôi QT không bao gồm ferit chuyển hóa bất kỳ. Do vậy, cấu trúc ở nhiệt độ tôi QT bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 2% đến 10%, và tốt hơn là hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha,
- ít nhất 10% austenit được giữ lại,
- ít nhất 38% martensit, và
- ít nhất 15% bainit thấp.

- tấm thép đã được làm nguội này tùy ý được giữ ở nhiệt độ tôi QT trong thời gian giữ nằm trong khoảng từ 2 giây đến 8 giây, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 3 giây đến 7 giây.

- sau đó, tấm này được nung từ nhiệt độ tôi lên đến nhiệt độ chuyển pha PT nằm trong khoảng từ 410°C đến 470°C , và được duy trì ở nhiệt độ chuyển pha PT trong thời gian chuyển pha Pt nằm trong khoảng từ 60 giây đến 130 giây. Trong bước chuyển pha này, cacbon được chuyển pha, tức là khuếch tán từ martensit vào austenit, do vậy nó được làm giàu cacbon.

Nếu nhiệt độ chuyển pha PT cao hơn 470°C hoặc thấp hơn 410°C , thì độ giãn dài của thành phẩm là không thỏa mãn.

Nếu thời gian chuyển pha nhỏ hơn 60 giây, thì quá trình chuyển pha cacbon từ martensit thành austenit không đủ để xảy ra, khiến cho hàm lượng cacbon trong martensit sẽ quá cao và hàm lượng cacbon trong austenit được giữ lại lại quá thấp. Kết quả là, độ giãn dài của thành phẩm là không thỏa mãn.

- tấm thép này được phủ nhúng nóng ngay sau bước duy trì tấm này ở nhiệt độ chuyển pha PT. Bước phủ nhúng nóng có thể là, ví dụ, mạ mà tất cả kim loại phủ nhúng nóng là có thể với điều kiện các nhiệt độ mà ở đó tấm thép này đưa đến trong khi lớp phủ vẫn duy trì ở nhiệt độ nhỏ hơn 480°C . Khi tấm này được mạ kẽm, nó được thực hiện với các điều kiện thông thường, ví dụ qua dung dịch Zn có nhiệt độ nằm trong khoảng từ 430 đến 480°C . Thép theo sáng chế có thể được mạ bằng Zn hoặc bằng hợp kim Zn, như kẽm-magie hoặc kẽm-magie-nhôm.

- ngay lập tức sau khi phủ nhúng nóng bước, tấm thép được phủ được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng, ở tốc độ làm nguội tốt hơn là lớn hơn $1^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, ví dụ nằm trong khoảng từ $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Việc xử lý nhiệt và phủ này cho phép có thể có được cấu trúc cuối (tức là, sau khi chuyển pha, phủ nhúng nóng và làm nguội đến nhiệt độ trong phòng) bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit,
- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp.

Martensit này được cấu thành bởi martensit đã được chuyển pha và martensit mới. Từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, phần còn lại, tức là nằm trong khoảng từ 5% đến 15%, là martensit mới.

Không giống martensit đã được tôi mà sẽ đạt được thông qua việc xử lý nhiệt bao gồm việc ủ, tôi và tôi luyện, martensit đã được chuyển pha của thép theo sáng chế có hàm lượng C tối đa là 0,45%. Hàm lượng này thu được từ việc chuyển pha cacbon từ martensit về phía austenit trong khi bước chuyển pha.

Trái lại, martensit mới, mà thu được từ quá trình chuyển hóa cacbon được làm giàu austenit thành martensit sau bước chuyển pha, có hàm lượng C ít nhất là 0,9% và nói chung nhỏ hơn 1,2%.

Phần martensit mới đối với martensit nằm trong khoảng từ 5% đến 15%, khiến cho phần martensit mới đối với toàn bộ cấu trúc tối đa là 10%. Thực vậy, phần martensit

mới cao hơn 10% sẽ dẫn đến tỷ lệ mở rộng lỗ HER, theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009, nhỏ hơn 30%.

Phần austenit được giữ lại ít nhất là 10%, cùng với phần ferit có cấu trúc hai pha ít nhất là 2%, cho phép thu được tổng độ giãn dài ít nhất là 13%, tổng độ giãn dài được đo theo tiêu chuẩn ISO 6892-1.

Hơn nữa, việc xử lý này cho phép thu được hàm lượng C tăng trong austenit được giữ lại, mà ít nhất là 1,0%, và lên đến 1,3%. Hàm lượng C tăng này làm ổn định austenit được giữ lại, và góp phần đạt được tổng độ giãn dài ít nhất là 13%.

Ferit trong cấu trúc là ferit có cấu trúc hai pha, tức là ferit thu được từ việc ủ ở nhiệt độ dưới Ac3.

Phần ferit có cấu trúc hai pha tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5% (loại trừ 5%) và 10%.

Tấm thép phủ theo sáng chế có thể chứa ferit chuyển hóa, tuy nhiên với phần tối đa 5%, nói chung tối đa 2%. Do vậy, cấu trúc của tấm thép phủ theo sáng chế bao gồm:

- từ 45% đến 68% martensit,
- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp,
- tối đa 5%, và tốt hơn nếu tối đa là 2% ferit có cấu trúc hai pha.

Tốt hơn là, cấu trúc không bao gồm ferit chuyển hóa bất kỳ.

Do vậy, cấu trúc của tấm thép được phủ tốt hơn là bao gồm, tính theo phần trăm diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit,
- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp.

Ví dụ, các đặc điểm vi cấu trúc được xác định bằng cách quan sát vi cấu trúc bằng kính hiển vi điện tử quét bằng dụng cụ Field Emission Gun (“FEG-SEM”) ở độ phóng đại lớn hơn 5000x, được liên hợp với thiết bị Electron Backscatter Diffraction (“EBSD”) và kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM).

Với việc xử lý nhiệt này, các tấm thép có giới hạn chảy YS ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo TS ít nhất là 1180 MPa, và thậm chí ít nhất là 1250 MPa, tổng độ giãn dài TE theo tiêu chuẩn ISO 6892-1 ít nhất là 13%, và thậm chí cao hơn 14%, và tỷ lệ mở rộng

lỗ HER theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009 ít nhất là 30%, và thậm chí ít nhất là 35%, có thể thu được.

Giới hạn chảy YS có thể là cao hơn 1000 MPa, đặc biệt là nếu thời gian chuyển pha Pt ít nhất là 110 giây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Ví dụ 1

Để làm các ví dụ và so sánh, các tấm được làm bằng thép có thành phần theo bảng I, được tạo ra, các nguyên tố được thể hiện theo khối lượng. Các nhiệt độ chuyển hóa như Ac1 và Ac3 được báo cáo trong bảng I. Ac1 và Ac3 được đo bằng giãn nở kế.

Bảng I

Thép	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)	Nb (%)	Mo (%)	B (ppm)	Ti (%)	(C+Si/10) (%)	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)
I1	0,2	2,1	1,0	0,6	0,02	0,3	-	res.	0,30	750	915
R1	0,18	2,0	1,0	res.	0,02	0,3	10	0,02	0,28	731	923

Trong bảng này, “res.” có nghĩa là nguyên tố chỉ có mặt dưới dạng còn sót lại, và không có sự bổ sung tự nguyện nào của nguyên tố này được thực hiện.

Các tấm này được cán nóng, sau đó được cuộn ở nhiệt độ 550°C.

Các tác giả sáng chế trước tiên đã đánh giá tác động của việc ủ theo mẻ đến các đặc tính của các tấm thép cán nóng.

Cuối cùng, các tác giả sáng chế đã cho tấm thép cán nóng được làm bằng thép I1 thực hiện việc ủ theo mẻ ở nhiệt độ 550°C trong 2 ngày, và so sánh các đặc tính cơ học của tấm thép đã được ủ theo mẻ với các đặc tính cơ học của tấm thép cán nóng này mà không được ủ theo mẻ.

Các đặc tính cơ học, tức là giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài đồng đều UE và tổng độ giãn dài TE được báo cáo trong bảng II dưới đây.

Bảng II

Ví dụ	Ủ theo mẻ	YS (MPa)	TS (MPa)	UE (%)	TE (%)
1	Không	798	1145	7,4	10
2	Có	597	995	9,4	13,8

Các kết quả này cho thấy rằng việc ủ theo mẻ dẫn đến việc làm mềm tấm thép cán nóng, từ đó cải thiện khả năng cán nguội của nó.

Ngoài ra, các tấm thép cán nóng được làm bằng thép I1 và R1 được ủ theo mẻ trong thời gian 2 ngày ở nhiệt độ 550°C, được tẩy gỉ và cán nguội. Các tấm cán nguội này được ủ, được làm nguội và đã được chuyển pha. Sau khi chuyển pha, các tấm này được phủ nhúng nóng bằng cách mạ ở nhiệt độ 460°C, sau đó được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng.

Các điều kiện xử lý được báo cáo trong bảng III.

Bảng III

Ví dụ	Thép	Ms (°C)	T _A (°C)	t _A (s)	Vc (°C/gi ây)	QT (°C)	PT (°C)	Pt (s)
<u>3</u>	I1	355	900	136	> 30	<u>275</u>	450	100
4	I1	355	900	136	> 30	325	450	100
<u>5</u>	I1	355	900	136	> 30	325	<u>400</u>	100
6	I1	355	880	136	> 30	325	450	100
7	I1	355	900	100	> 30	325	450	100
8	I1	355	880	85	> 30	325	450	62
9	I1	355	880	172	> 30	325	450	124
10	I1	355	880	136	75	325	450	100
11	I1	355	880	136	55	325	450	100
<u>12</u>	I1	355	880	136	<u>30</u>	325	450	100
<u>13</u>	I1	355	<u>820</u>	136	> 30	<u>200</u>	<u>400</u>	100
<u>14</u>	<u>R1</u>	290	<u>800</u>	136	> 30	<u>200</u>	460	100
<u>15</u>	<u>R1</u>	290	<u>800</u>	136	> 30	<u>200</u>	<u>400</u>	100

Trong bảng này, Ms là nhiệt độ bắt đầu chuyển hóa martensit thành austenit thu được từ ủ, T_A là nhiệt độ ủ, t_A là thời gian ủ, Vc là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt độ ủ T_A đến nhiệt độ tôi, QT là nhiệt độ tôi, PT là nhiệt độ chuyển pha và Pt là thời gian chuyển pha.

Vi cấu trúc thu được đối với các tấm được báo cáo trong bảng IV. F là phần diện tích của ferit có cấu trúc hai pha, M là phần diện tích của martensit, PM là tỷ lệ phần trăm của martensit đã được chuyển pha trong martensit, RA là phần diện tích của austenit được giữ lại và B là phần diện tích của bainit thấp. Đối với mỗi tấm thép, Bảng

IV cho biết liệu phần hoặc tỷ lệ phần trăm của mỗi thành phần vi cấu trúc có được bao gồm trong khoảng đích hay không.

Bảng IV

Ví dụ	Thép	F : 2-10% ?	M : 45-68% ?	PM : 85-95% ?	Hàm lượng C trong PM : < 0,45% ?	B : 20-30% ?	RA : 10-15% ?	Hàm lượng C trong RA : 1,0-1,3% ?
<u>3</u>	<u>II</u>	Có	<u>Không</u> (>68%)	Có	Không	Không	<u>Không</u> (<10%)	Có
4	II	Có	Có	Có	Có	Có	14,6	Có
<u>5</u>	<u>II</u>	Có	Có	Có	Không	Có	<u>Không</u>	<u>Không</u>
6	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
7	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
8	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
9	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
10	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
11	II	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
<u>12</u>	II	Có *	Có	<u>Không</u> (<85%)	<u>Không</u>	Có	<u>Không</u>	<u>Không</u>
<u>13</u>	II	<u>Không</u> (>10%)	Có	<u>Không</u> (<85%)	<u>Không</u>	<u>Không</u>	<u>Không</u>	<u>Không</u>
<u>14</u>	R1	<u>Không</u> (>10%)	Có	Có	Có	<u>Không</u>	<u>Không</u>	<u>Không</u>
<u>15</u>	R1	<u>Không</u> (>10%)	Có	Có	Có	<u>Không</u>	<u>Không</u>	<u>Không</u>

*: Còn chứa hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha

Ngoài ra, tỷ lệ mở rộng lỗ HER được đo theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009, giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài đồng đều UE và tổng độ giãn dài TE của mỗi tấm thép được xác định. Giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài đồng đều UE và tổng

độ giãn dài TE được đo theo tiêu chuẩn ISO 6892-1, được công bố vào tháng 10 năm 2009. Các đặc tính này được báo cáo trong bảng V.

Trong bảng này, n.d. có nghĩa là đặc tính không xác định được.

Các ví dụ này cho thấy rằng bằng phương pháp theo sáng chế, các tấm được phủ thép có độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa và tổng độ giãn dài theo ISO 6892-1 ít nhất là 13% có thể thu được. Các tấm thép này có cả giới hạn chảy ít nhất là 800MPa, và tỷ lệ mở rộng lỗ HER theo ISO 16630:2009 ít nhất là 30%. Các tấm thép này cũng có độ giãn dài đồng đều ít nhất là 9%, và nói chung lớn hơn 10%.

Bảng V

Ví dụ	Thép	YS (MPa)	TS (MPa)	UE (%)	TE (%)	HER (%)
<u>3</u>	<u>I1</u>	1171	1263	7,6	<u>11,3</u>	n.d.
4	I1	1073	1220	10	13,9	n.d.
<u>5</u>	<u>I1</u>	1112	1207	5,4	<u>8,9</u>	n.d.
6	I1	970	1196	11,1	15,2	32
7	I1	1073	1220	10	13,9	37
8	I1	939	1217	10,7	14,5	n.d.
9	I1	1030	1207	9,5	13,3	n.d.
10	I1	1080	1258	11	14,9	n.d.
11	I1	996	1189	10,2	14,7	n.d.
<u>12</u>	I1	<u>697</u>	<u>1150</u>	9	13,4	n.d.
<u>13</u>	I1	974	<u>1151</u>	8,5	<u>11,3</u>	n.d.
<u>14</u>	R1	1081	1236	7,5	<u>11,8</u>	<u><30%</u>
<u>15</u>	R1	1018	1196	6,7	<u>10,5</u>	<u><30%</u>

Việc so sánh các ví dụ 3 và 4 cho thấy rằng chỉ khi nhiệt độ tôi nằm trong khoảng từ Ms-60°C và Ms-10°C thì mới đạt được các đặc tính đích. Trái lại, nếu nhiệt độ tôi QT thấp hơn Ms-60°C (Ví dụ 3), phần martensit được tạo ra khi tôi là quá cao, khiến cho có thể không đạt được phần austenit đủ. Kết quả là, tổng độ giãn dài ít nhất là 13% không đạt được.

Việc so sánh các ví dụ 4 và 5 cho thấy rằng chỉ khi nhiệt độ chuyển pha PT nằm trong khoảng từ 410°C đến 470°C thì mới đạt được các đặc tính đích. Trái lại, nếu nhiệt độ chuyển pha PT thấp hơn 410°C (Ví dụ 5), thì xảy ra việc chuyển pha cacbon từ

martensit thành austenit không đủ, khiến cho austenit được làm ổn định không đủ để đảm bảo tổng độ giãn dài ít nhất là 13%.

Việc so sánh các ví dụ 6 và 7 cho thấy rằng sự giảm về nhiệt độ ủ từ 900°C xuống 880°C cho phép đạt được sự cân bằng được cải thiện giữa độ bền kéo và tổng độ giãn dài.

Các ví dụ 6, 8 và 9 chứng minh rằng phương pháp này là rất có tác dụng với các thay đổi về thời gian ủ t_A và thời gian chuyển pha Pt, điều này có thể là do, ví dụ, sự thay đổi của tốc độ của quá trình. Do đó, các đặc tính cơ học đích đạt được bằng phương pháp theo sáng chế bất kể các thay đổi không mong muốn của tốc độ của quá trình. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng thời gian chuyển pha Pt dài hơn dẫn đến việc làm tăng giới hạn chảy YS (Ví dụ 10), do sự giảm phần martensit mới.

Với các ví dụ từ 10 đến 12, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của tốc độ làm nguội V_c trong khi tôi đến các đặc tính cơ học.

Các ví dụ này cho thấy rằng khi tốc độ làm nguội lớn hơn 30°C/giây, thì đạt được các đặc tính đích. Trái lại, nếu tốc độ làm nguội là 30°C/giây hoặc nhỏ hơn (Ví dụ 13), thì nhiều hơn 5% ferit được tạo ra khi làm nguội, và thu được phần martensit không đủ ở QT. Kết quả là, cấu trúc cuối bao gồm tỷ lệ phần trăm martensit đã được chuyển pha không đủ, và bao gồm ferit chuyển hóa. Do đó, giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa và độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa là không đạt được.

Ngoài ra, các ví dụ 10 và 11 còn cho thấy rằng khi tốc độ làm nguội ít nhất là 50°C/giây, tổng độ giãn dài cao hơn 14% là đạt được, và khi tốc độ làm nguội V_c ít nhất là 60°C/giây, độ bền kéo ít nhất là 1250 MPa và tổng độ giãn dài ít nhất là 14% là đạt được.

Ví dụ 13 cho thấy rằng khi ủ, các nhiệt độ tôi và chuyển pha là quá thấp, thì các đặc tính đích là không đạt được. Đặc biệt là, do nhiệt độ ủ thấp, phần ferit có cấu trúc hai pha là cao hơn 10%. Ngoài ra, do các nhiệt độ tôi và chuyển pha thấp, nên phần martensit được tạo ra khi tôi là quá cao, và sự chuyển pha không đủ của cacbon từ martensit này thành austenit xảy ra trong khi chuyển pha. Kết quả là, độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa và tổng độ giãn dài ít nhất là 13% là không đạt được.

Các mẫu trong các ví dụ 14 và 15 được làm bằng thép R1, cụ thể, có hàm lượng Al không đủ.

Ngoài ra, các mẫu trong các ví dụ 14 và 15 được tạo ra với các nhiệt độ ủ và tôi quá thấp.

Do vậy, các mẫu trong các ví dụ 14 và 15 có tổng độ giãn dài thấp hơn 13% và tỷ lệ mở rộng lỗ thấp hơn 30%.

Vi ảnh thể hiện vi cấu trúc của theps theo ví dụ 11 được thể hiện trên các hình vẽ kèm theo. Trên hình vẽ này, F là ferit có cấu trúc hai pha, B là bainit thấp, PM là martensit đã được chuyển pha, FM là martensit mới và RA là austenit được giữ lại.

Ví dụ 2

Các tấm được làm bằng thép có thành phần theo bảng VI được tạo ra, các nguyên tố được thể hiện theo khối lượng. Các nhiệt độ chuyển hóa như Ac1 và Ac3 được báo cáo trong bảng I. Ac1 và Ac3 được đo bằng giãn nở kế. Trong bảng VI, thép I1 là cùng một loại thép như trong bảng I.

Bảng VI

Thép	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)	Nb (%)	Mo (%)	B (ppm)	Ti (%)	(C+Si/10) (%)	Ac1 (°C)	Ac3 (°C)
I1	0,2	2,1	1,0	0,6	0,02	0,3	-	res.	0,30	750	915
<u>R2</u>	0,18	<u>2,70</u>	<u>2,1</u>	<u>res.</u>	<u>res.</u>	<u>res.</u>	-	res.	<u>0,39</u>	770	860

Trong bảng này, “res.” có nghĩa là nguyên tố chỉ có mặt dưới dạng còn sót lại, và không có sự bổ sung tự nguyện nào của nguyên tố này được thực hiện.

Các tấm này được cán nóng, sau đó được cuộn ở nhiệt độ 550°C. Các tấm thép cán nóng được làm bằng thép I1 và R2 được ủ theo mẻ trong 2 ngày ở nhiệt độ 550°C, được tẩy gỉ và cán nguội đến độ dày 1,6 mm.

Các tấm cán nguội này được ủ, làm nguội và chuyển pha. Sau khi chuyển pha, các tấm này được phủ nhúng nóng bằng cách mạ ở nhiệt độ 460°C, sau đó được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng.

Các điều kiện xử lý được báo cáo trong bảng VII.

Bảng VII

Ví dụ	Thép p	Ms (°C)	T _A (°C)	t _A (s)	V _c (°C/gi ây)	QT (°C)	PT (°C)	Pt (s)
16	I1	355	880	136	> 30	325	450	100
<u>17</u>	<u>R2</u>	363	880	136	> 30	300	460	30

Trong bảng này, Ms là nhiệt độ bắt đầu chuyển martensit thành austenit thu được từ việc ủ, T_A là nhiệt độ ủ, t_A là thời gian ủ, V_c là tốc độ làm nguội trung bình từ nhiệt

độ ủ TA đến nhiệt độ tôi, QT là nhiệt độ tôi, PT là nhiệt độ chuyển pha và Pt là thời gian chuyển pha. Ví dụ 16 là tương ứng với Ví dụ 6 nêu trên.

Vì cấu trúc thu được đối với các tấm được báo cáo trong bảng VIII. F là phần diện tích của ferit có cấu trúc hai pha, M là phần diện tích của martensit, PM là tỷ lệ phần trăm của martensit đã được chuyển pha trong martensit, RA là phần diện tích của austenit được giữ lại và B là phần diện tích của bainit thấp.

Bảng VIII

Ví dụ	Thép	F : 2-10% ?	M : 45-68% ?	PM : 85-95% ?	Hàm lượng C trong PM : < 0,45% ?	B : 20-30% ?	RA : 10-15% ?	Hàm lượng C trong RA : 1,0-1,3% ?
16	I1	Có	Có	Có	Có	Có	Có	Có
<u>17</u>	<u>R2</u>	<u>Không</u> (0%)	**	**	Có	**	Có	n.d.

** : tổng martensit và bainit trong ví dụ 17 nằm trong khoảng từ 85% đến 90%.

Ngoài ra, tỷ lệ mở rộng lỗ HER được đo theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009, giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài đồng đều UE và tổng độ giãn dài TE của mỗi tấm thép được xác định. Giới hạn chảy YS, độ bền kéo TS, độ giãn dài đồng đều UE và tổng độ giãn dài TE được đo theo tiêu chuẩn ISO 6892-1, được công bố vào tháng 10 năm. Các đặc tính này được báo cáo trong bảng IX.

Trong bảng này n.d. có nghĩa là đặc tính không xác định được.

Bảng IX

Ví dụ	Thép	YS (MPa)	TS (MPa)	UE (%)	TE (%)	HER (%)
16	I1	970	1196	11,1	15,2	32
17	R2	900	1210	n.d.	15	40

Các tấm thép được làm bằng thép I1 hoặc R2 (Các ví dụ 16 và 17) được hàn điểm bằng điện trở dưới dòng điện xoay chiều có tần số 60 Hz và lực điện cực 4,5 kN trong các điều kiện khác nhau được nêu trong Bảng X. Các điện cực này được đặt vuông góc với các tấm thép.

- bằng cách áp dụng các giá trị cường độ khác nhau, có thể xác định được phạm vi hàn thích hợp được xác định bởi Imin, đó là cường độ tối thiểu mà lớn hơn cường độ

này thì quan sát thấy không thể kéo được khi mỗi hàn điểm bằng điện trở được trải qua thử nghiệm kéo biến dạng 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 chọn cường độ trong các điều kiện công nghiệp thường được thực hiện xung quanh giá trị cuối này do nó tương ứng với đường kính mỗi hàn lớn mà cho phép có thể thu được đặc tính kéo của mỗi hàn cao. Trong trường hợp này, việc hàn được thực hiện ở $I_{\max}$ và hơn cao trong vùng chảy, tức là $I_{\max} + 10\%$. Mặc dù việc hàn với cường độ nằm trong khoảng từ $I_{\max}$ và $I_{\max} + 10\%$ làm tăng độ nhạy LME, tình trạng này có thể gặp phải trong một số trường hợp trong thực tế công nghiệp.

- Các thông số hàn là như sau:
 - đường kính đầu điện cực: 6 mm,
 - lực hàn: 4,5 kN,
 - thời gian hàn: 380 mili giây,
 - thời gian làm nguội: 0 mili giây,
 - thời gian giữ: 300 mili giây.
- bằng cách hàn hai hoặc ba tấm với nhau và tạo kết cấu xếp chồng, độ nhạy với vết nứt do LME là cao hơn với độ dày xếp chồng tăng. Đặc biệt là, để tạo ra các cụm gồm hai lớp, các tấm 16 và 17 được hàn vào thép DP980 mạ, có thành phần sau: 0,1C-2,2Mn-0,3Si-0,3Mo-0,2Cr-0,01Nb-0,03Ti-0,001B, và có độ dày 1,6 mm. Để tạo ra các cụm gồm ba lớp, các tấm 16 và 17 được hàn vào hai tấm mạ làm bằng thép chịu kéo (có độ bền kéo 270 MPa). mỗi tấm này có độ dày 1,5 mm. Các loại thép khác nhau này được chọn vì mỗi hàn điểm của chúng cần mức dòng điện cao hơn để có được mỗi hàn phù hợp hơn thép theo sáng chế, có độ bền kéo cao hơn 1180 MPa. Mức dòng điện cao này gây ra đầu vào nhiệt cao và và do đó gây ra nhiều vết nứt do LME hơn trong khi hàn thép có độ bền cao. Do vậy, mức độ nghiêm trọng của các điều kiện hàn được tăng lên. Bảng X báo cáo tổng độ dày của các cụm. Trong các cụm này, việc hàn được thực hiện theo cách sao cho tấm thép có độ bền kéo cao hơn 1180 MPa (các tấm thép theo Ví dụ 16 hoặc 17) có một bề mặt tiếp xúc với điện cực hàn. Các vết nứt cuối dễ xảy ra trong vùng lõm được tạo ra bởi điện cực hàn trên bề mặt tấm.

Bảng X

Điều kiện hàn	Số lớp trong cụm	Độ dày cụm (mm)	Cường độ hàn
a	2	3,2mm	$I_{\max}$ và $I_{\max} + 10\%$.
b	3	4,6mm	$I_{\max}$ và $I_{\max} + 10\%$

Sự quan sát và định lượng vết nứt do LME có được thực hiện trong các điều kiện sau: sau khi cắt nửa mặt cắt và đánh bóng tinh 20 mỗi hàn điểm, mười trong số đó được hàn với $I=I_{\max}$ và mười mỗi hàn khác được hàn với $I=I_{\max}+10\%$, các tiết diện hàn được quan sát bằng kính hiển vi quang học có độ phóng đại gấp từ 10 đến 1000 lần, ví dụ 200 lần. Số lượng vết nứt có chiều sâu hơn 100 micron được đo đối với mỗi mỗi hàn điểm, và số lượng vết nứt do LME trung bình có độ sâu trên 100 μm đối với mỗi mỗi hàn điểm được tính toán cho mỗi một loạt gồm 10 mỗi hàn điểm. Ngoài ra, đối với mỗi một loạt gồm 10 mỗi hàn điểm được tạo ra trong cùng một điều kiện, thì kích thước vết nứt tối đa lớn hơn 100 μm được xác định.

Đối với các cụm gồm hai lớp, khả năng chịu nứt do LME cao thu được khi số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron nhỏ hơn 0,1 trong trường hợp hàn với $I=I_{\max}$ hoặc $I_{\max}+10\%$.

Đối với các cụm gồm ba lớp, khả năng chịu nứt do LME cao thu được khi số vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron nhỏ hơn 2 trong trường hợp hàn với $I=I_{\max}$ hoặc khi số vết nứt trung bình nhỏ hơn 4 trong trường hợp hàn với $I_{\max}+10\%$.

Bảng XI cho thấy cường độ $I_{\max}$, số vết nứt do LME trung bình được xác định trong các điều kiện hàn $I_{\max}$ hoặc $I_{\max}+10\%$ và kích thước tối đa của các vết nứt này có kích thước lớn hơn 100 μm .

Bảng XI

Mỗi hàn	$I_{\max}$ (kA)	Số vết nứt trung bình /mỗi hàn (>100 μm) ở $I_{\max}$	Số vết nứt trung bình /mỗi hàn (>100 μm) ở $I_{\max}+10\%$
16a	8,1	0	0
17a	7,8	0,3	0,8
16b	10,1	1,8	3,9
17b	9,8	5,8	5,1

Trong bảng này, 16a là các tấm thép 16 được hàn ở những điều kiện a. Nó được áp dụng đối với ví dụ 17a (tấm 17 được hàn trong điều kiện a), và theo cách tương tự như trong các ví dụ 16b và 17b.

Về khả năng hàn điểm, và như được thể hiện bởi Ví dụ 2 trên đây, các tấm theo sáng chế có độ nhạy LME thấp. Điều này có nghĩa là thép như vậy có thể tạo ra các cấu

trúc bao gồm mỗi hàn điểm bằng điện trở, như các thân xe, mà khả năng là số các vết nứt trong mỗi hàn điểm bằng điện trở là sao cho giá trị trung bình nhỏ hơn 6 vết nứt đối với mỗi hàn điểm bằng điện trở và khả năng có không nhiều hơn 10 vết nứt là 98%.

Ngoài ra, như được thể hiện bởi các ví dụ nêu trên, số vết nứt có kích thước lớn hơn 100 micron được giảm một cách đáng kể so với các tấm thép đã biết trong lĩnh vực này.

Cụ thể, kết cấu hàn, bao gồm mỗi hàn điểm bằng điện trở, ít nhất hai tấm thép, có thể được sản xuất bằng cách tạo ra tấm thép thứ nhất bằng phương pháp theo sáng chế, ví dụ được phủ Zn hoặc hợp kim Zn, tạo ra tấm thép thứ hai có thành phần sao cho $C+Si/10 \leq 0,30\%$ và $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$, và hàn điểm bằng điện trở tấm thép thứ nhất vào tấm thép thứ hai. Ví dụ, tấm thép thứ hai có thể được sản xuất bằng phương pháp theo sáng chế, và có thể được phủ Zn hoặc hợp kim Zn.

Do vậy, thu được kết cấu hàn có độ nhạy LME thấp. Ví dụ, đối với kết cấu hàn có ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở như vậy, thì số lượng trung bình của các vết nứt trên mỗi mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 6.

Ví dụ, kết cấu hàn này có thể được sản xuất bằng cách tạo ra tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai, chồng một phần tấm thép thứ nhất lên tấm thép thứ hai, tác dụng một lực nằm trong khoảng từ 3,5 đến 5 kN bởi các điện cực được đặt vuông góc với các tấm thép chồng lên nhau và hàn điểm bằng điện trở tấm thép thứ nhất và thứ hai để tạo ra ít nhất 10 mỗi hàn điểm bằng điện trở, với cường độ nằm trong khoảng từ I_{max} đến $1,1 \cdot I_{max}$, 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 tấm thép phủ thứ nhất nêu trên vào tấm thép thứ hai nêu trên.

Đặc biệt là, nếu kết cấu hàn là kết cấu hàn của chỉ hai tấm (tấm thép thứ nhất và thứ hai), thậm chí nếu các tấm thép này được hàn trong các điều kiện khắc nghiệt, đặc biệt là với cường độ nằm trong khoảng từ I_{max} và $I_{max}+10\%$, số lượng vết nứt trung bình trong mỗi hàn điểm bằng điện trở có chiều sâu hơn 100 micron nhỏ hơn 0,1. Nói chung, trong mười mỗi hàn điểm bằng điện trở, không một mỗi hàn nào có vết nứt với chiều sâu hơn 100 micro.

Nếu kết cấu hàn là kết cấu hàn gồm ba tấm, thì tấm thứ ba có thành phần sao cho $C+Si/10 \leq 0,30\%$ và $Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%$, thậm chí nếu các tấm thép này được hàn trong các điều kiện khắc nghiệt, đặc biệt là với cường độ nằm trong khoảng từ I_{max} và $I_{max}+10\%$, số lượng vết nứt trung bình trong mỗi hàn điểm bằng điện trở có chiều sâu hơn 100 micron nhỏ hơn 4. Đặc biệt là, nếu cường độ bằng I_{max} , số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron nhỏ hơn 2.

Các tấm thép tùy ý được hàn bằng cách hàn điểm bằng điện trở theo sáng chế được sử dụng có lợi để sản xuất các bộ phận kết cấu trong các xe ô tô do chúng mang lại khả năng tạo hình cao trong quá trình sản xuất và hấp thụ năng lượng cao trong trường hợp va chạm. Mỗi hàn điểm bằng điện trở theo sáng chế cũng được sử dụng có lợi để sản xuất các bộ phận kết cấu trong các xe ô tô, do sự khởi đầu và sự lan rộng cuối cùng của vết nứt nằm ở vùng hàn được giảm một cách đáng kể.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép phủ có giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa, tổng độ giãn dài theo tiêu chuẩn ISO 6892-1 ít nhất là 13% và tỷ lệ mở rộng lỗ HER theo tiêu chuẩn ISO 16630:2009 ít nhất là 30%,

trong đó phương pháp này lần lượt bao gồm các bước sau:

- tạo ra tấm thép cán nguội, làm bằng thép có thành phần hoá học tính theo % khối lượng như sau:

$$0,15\% \leq C \leq 0,23\%$$

$$1,4\% \leq Mn \leq 2,6\%,$$

$$0,6\% \leq Si \leq 1,3\%$$

$$\text{với } C+Si/10 \leq 0,30\%,$$

$$0,4\% \leq Al \leq 1,0\%,$$

$$\text{với } Al \geq 6(C+Mn/10) - 2,5\%,$$

$$0,010\% \leq Nb \leq 0,035\%,$$

$$0,1\% \leq Mo \leq 0,5\%,$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

- ủ tấm thép cán nguội này ở nhiệt độ ủ T_A nằm trong khoảng từ 860°C đến 900°C, nhiệt độ ủ này thấp hơn Ac_3 , để thu được tấm thép đã được ủ có cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và ít nhất 2% ferit có cấu trúc hai pha,

- tôi tấm thép đã được ủ này từ nhiệt độ ủ T_A xuống nhiệt độ tôi QT nằm trong khoảng từ $Ms-10^\circ C$ đến $Ms-60^\circ C$ với tốc độ làm nguội trung bình V_c cao hơn 30°C/giây, để thu được tấm đã được làm nguội,

- nung tấm thép đã được tôi này từ nhiệt độ tôi QT đến nhiệt độ chuyển pha PT nằm trong khoảng từ 410°C đến 470°C, và duy trì tấm thép này ở nhiệt độ chuyển pha PT trong thời gian chuyển pha Pt nằm trong khoảng từ 60 giây đến 130 giây,

- phủ nhúng nóng tấm thép này trong dung dịch,

- làm nguội tấm thép này xuống nhiệt độ trong phòng, để thu được tấm thép phủ có vi cấu trúc bao gồm, tính theo phần diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,

- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,

- từ 20% đến 30% bainit thấp.
2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tấm thép đã được tôi này có, ngay trước khi nung ở nhiệt độ chuyển pha PT, cấu trúc bao gồm, tính theo phần diện tích:
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
 - ít nhất 10% austenit được giữ lại,
 - ít nhất 38% martensit, và
 - ít nhất 15% bainit thấp
 - tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.
3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó bước tạo ra tấm thép cán nguội bao gồm các việc sau:
- cán nóng bán thành phẩm bằng thép nêu trên để thu được tấm thép cán nóng,
 - cuộn tấm thép cán nóng này ở nhiệt độ T_c nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C,
 - thực hiện việc ủ theo mẻ ở nhiệt độ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 500°C đến 700°C trong thời gian từ 2 đến 6 ngày,
 - cán nguội tấm thép cán nóng này để thu được tấm thép cán nguội.
4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó tấm thép cán nguội này được duy trì ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A nằm trong khoảng từ 80 giây đến 180 giây.
5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó nhiệt độ ủ T_A tối đa là 880°C, để thu được, sau khi ủ, tấm thép đã được ủ có cấu trúc bao gồm ít nhất 90% austenit và nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha, và trong đó vi cấu trúc của tấm thép phủ này chứa nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha.
6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó tốc độ làm nguội trung bình V_c từ nhiệt độ ủ T_A đến nhiệt độ tôi QT ít nhất là 50°C/giây, vi cấu trúc của tấm thép phủ này chứa, tính theo phần diện tích:
- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,
 - từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
 - từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
 - từ 20% đến 30% bainit thấp,
- tấm thép phủ này có tổng độ giãn dài ít nhất là 14%.

7. Phương pháp theo điểm 6, trong đó tốc độ làm nguội trung bình V_c từ nhiệt độ ủ TA đến nhiệt độ tôi QT ít nhất là $60^\circ\text{C}/\text{giây}$, tổng độ giãn dài ít nhất là 14% và độ bền kéo ít nhất là 1250 MPa.
8. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó $0,6\% \leq \text{Si} < 1,0\%$ và $0,7\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%$.
9. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó $0,17\% \leq \text{C} \leq 0,21\%$.
10. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó $1,9\% \leq \text{Mn} \leq 2,3\%$.
11. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó tấm thép này được phủ Zn hoặc hợp kim Zn.
12. Quy trình tạo ra mỗi hàn điểm bằng điện trở giữa ít nhất hai tấm thép, quy trình này bao gồm các bước:
- tạo ra tấm thép phủ thứ nhất bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11,
 - tạo ra tấm thép phủ thứ hai bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 11,
 - hàn điểm bằng điện trở tấm thép phủ thứ nhất nêu trên vào tấm thép phủ thứ hai nêu trên.
13. Tấm thép phủ làm bằng thép có thành phần hoá học tính theo % khối lượng như sau:

$$0,15\% \leq \text{C} \leq 0,23\%$$

$$1,4\% \leq \text{Mn} \leq 2,6\%,$$

$$0,6\% \leq \text{Si} \leq 1,3\%$$

$$\text{với } \text{C} + \text{Si}/10 \leq 0,30\%$$

$$0,4\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%,$$

$$\text{với } \text{Al} \geq 6(\text{C} + \text{Mn}/10) - 2,5\%,$$

$$0,010\% \leq \text{Nb} \leq 0,035\%,$$

$$0,1\% \leq \text{Mo} \leq 0,5\%,$$

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,
tấm thép phủ này có vi cấu trúc bao gồm, tính theo phần diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp,

tấm thép phủ này có có giới hạn chảy ít nhất là 800 MPa, độ bền kéo ít nhất là 1180 MPa, tổng độ giãn dài theo ISO 6892-1 ít nhất là 13% và tỷ lệ mở rộng lỗ theo ISO 16630:2009 HER ít nhất là 30%.

14. Tấm thép phủ theo điểm 13, trong đó austenit được giữ lại có hàm lượng C trung bình nằm trong khoảng từ 1,0% đến 1,3%.

15. Tấm thép phủ theo điểm 13 hoặc 14, trong đó vi cấu trúc của tấm thép phủ này chứa nhiều hơn 5% ferit có cấu trúc hai pha.

16. Tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15, trong đó $0,6\% \leq \text{Si} < 1,0\%$ và $0,7\% \leq \text{Al} \leq 1,0\%$.

17. Tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 16, trong đó $0,17\% \leq \text{C} \leq 0,21\%$.

18. Tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 17, trong đó $1,9\% \leq \text{Mn} \leq 2,3\%$.

19. Tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 18, trong đó tấm thép này được phủ Zn hoặc hợp kim Zn, lớp phủ thu được từ việc phủ ở nhiệt độ nhỏ hơn 480°C.

20. Tấm thép đã được phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 19, trong đó vi cấu trúc này bao gồm, tính theo phần diện tích:

từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,
- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp
- tối đa 5% ferit có cấu trúc hai pha.

21. Tấm thép đã được phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 20, trong đó vi cấu trúc này bao gồm, tính theo phần diện tích:

- từ 45% đến 68% martensit, martensit này là martensit đã được chuyển pha và martensit mới, từ 85% đến 95% martensit là martensit đã được chuyển pha, martensit đã được chuyển pha này có hàm lượng C tối đa là 0,45%,

- từ 10% đến 15% austenit được giữ lại,

- từ 2% đến 10% ferit có cấu trúc hai pha,
- từ 20% đến 30% bainit thấp.

22. Kết cấu hàn có ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở của ít nhất tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai, trong đó tấm thép thứ nhất là tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 21, và tấm thép thứ hai là tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 21, và trong đó số lượng trung bình của các vết nứt trên mỗi mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 6.

23. Kết cấu hàn theo điểm 22, trong đó kết cấu hàn này là kết cấu hàn của hai tấm thép, bao gồm tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai, và số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron trong ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 0,1.

24. Kết cấu hàn theo điểm 22, trong đó kết cấu hàn này là kết cấu hàn của tấm thép thứ nhất, tấm thép thứ hai và tấm thép thứ ba là tấm thép phủ theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 21, và trong đó số lượng vết nứt trung bình có chiều sâu hơn 100 micron trong ít nhất mười mỗi hàn điểm bằng điện trở nhỏ hơn 4.

25. Quy trình sản xuất kết cấu hàn theo điểm 23, quy trình này bao gồm các bước:

- tạo ra tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai,
- chồng một phần tấm thép thứ nhất lên tấm thép thứ hai,
- tác dụng một lực nằm trong khoảng từ 3,5 đến 5 kN bởi các điện cực được đặt vuông góc với các tấm thép chồng lên nhau,
- hàn điểm bằng điện trở tấm thép thứ nhất và thứ hai để tạo ra ít nhất 10 mỗi hàn điểm bằng điện trở, với cường độ nằm trong khoảng từ I_{max} đến $1,1 \cdot I_{max}$, I_{max} là cường độ mà ở đó sự xuất hiện kim loại lỏng bắt đầu được quan sát khi hàn điểm bằng điện trở tấm thép thứ nhất nêu trên vào tấm thép thứ hai nêu trên.

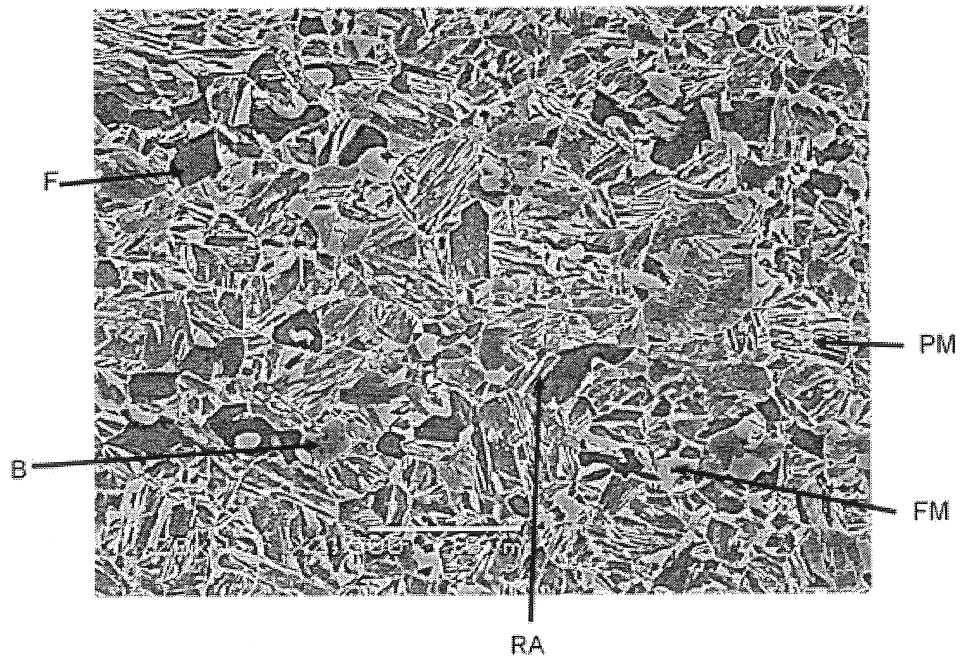


FIG.1