



(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)



1-0035868

(51)^{2016.01} C21D 8/02; C22C 38/58; B23K 35/30; (13) B
C21D 1/19; C21D 1/673; C21D 8/04;
C21D 9/46; C21D 9/48; C22C 38/00;
C22C 38/02; C22C 38/04; C22C 38/06;
C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/22;
C22C 38/28; C22C 38/32; C22C 38/38;
C22C 38/44; C22C 38/50; C22C 38/54;
B21D 22/02; B21D 22/20

(21) 1-2019-06686

(22) 01/06/2018

(86) PCT/IB2018/053950 01/06/2018

(87) WO2018/220598 06/12/2018

(30) PCT/IB2017/053282 02/06/2017 IB

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/03/2020 384ASC

(73) ARCELORMITTAL (LU)

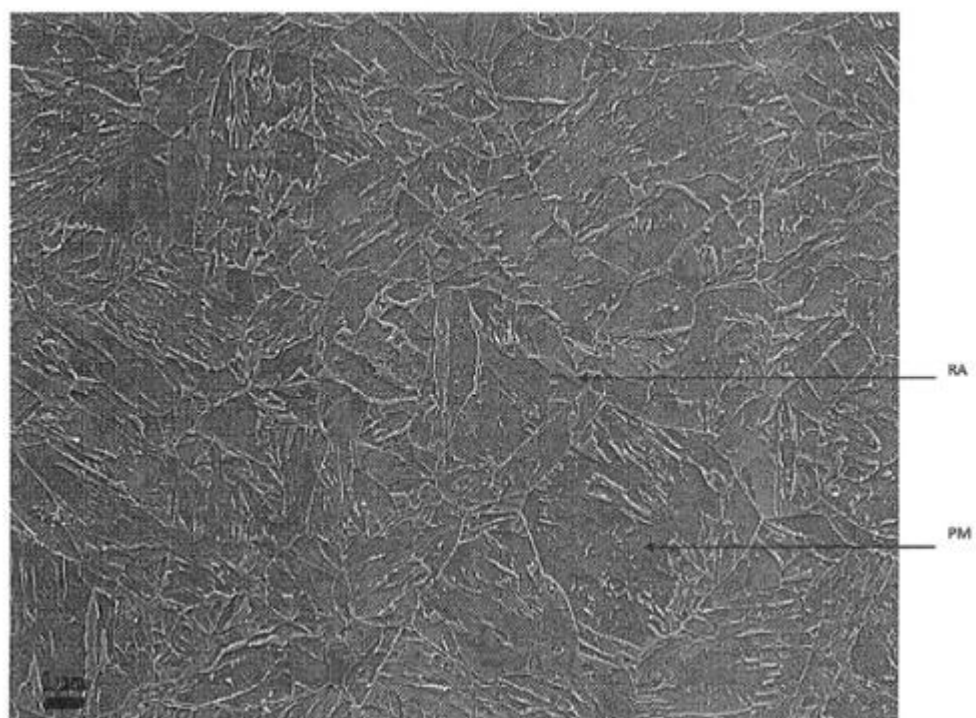
24-26, Boulevard d'Avranches L-1160 Luxembourg, LUXEMBOURG

(72) BEAUVAIS, Martin (FR); DUMONT, Alice (FR); GIBOT, Alexandre (FR);
PERLADE, Astrid (FR); ZHU, Kangying (CN).

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

(54) THÉP TẤM DÙNG ĐỂ SẢN XUẤT CHI TIẾT ĐƯỢC TĂNG CỨNG BẰNG CÁCH ÉP, CHI TIẾT ĐƯỢC TĂNG CỨNG BẰNG CÁCH ÉP ĐỒNG THỜI CÓ ĐỘ BỀN CAO VÀ CÓ TÍNH DẸO KHI VA CHẠM, VÀ CÁC PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHÚNG

(57) Sáng chế đề cập đến thép tấm dùng để sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, có thành phần bao gồm các nguyên tố: $0,15\% \leq C \leq 0,22\%$, $3,5\% \leq Mn < 4,2\%$, $0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 1\%$, $0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$, $0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$, $0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$, vì cấu trúc gồm dưới 50% ferit, 1% tới 20% austenit tồn dư, xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$, phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit, austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 * Mn\%$. Chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép được tạo ra bằng cách tạo hình nóng thép tấm này, và các phương pháp sản xuất chúng cũng được đề xuất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép tấm mà được tạo hình nóng để tạo ra các chi tiết, và được tăng cứng bằng cách ép thông qua bước làm nguội đạt được bằng cách giữ các chi tiết này trong khuôn dập. Các chi tiết này được sử dụng làm các bộ phận kết cấu trong xe có động cơ có các chức năng chống xâm nhập hoặc hấp thụ năng lượng. Các chi tiết này cũng có thể được sử dụng, ví dụ, để chế tạo các dụng cụ hoặc các phụ tùng cho máy nông nghiệp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các ứng dụng nêu trên, việc tạo ra các chi tiết bằng thép mà đồng thời có được độ bền cơ học cao, khả năng chịu va đập cao, khả năng chống ăn mòn tốt và độ chính xác kích thước là được mong muốn. Việc đồng thời có được các đặc tính này là được đặc biệt mong muốn trong ngành công nghiệp ô tô là ngành mà các nỗ lực đã và đang được thực hiện nhằm làm giảm đáng kể trọng lượng của các phương tiện này. Các chi tiết của ô tô như các bộ phận kết cấu và chống xâm nhập, đặc biệt là các thanh ray trước và sau, thanh đỡ mui và thanh chữ B, các chi tiết khung gầm như cánh tay đòn dưới, giá lắp động cơ, cũng như các chi tiết khác góp phần vào sự an toàn của xe có động cơ như bộ phận giảm va, các bộ phận gia cố cửa hoặc trụ giữa, càng đòi hỏi nhiều hơn về các tính chất đó. Việc giảm trọng lượng này có thể đạt được nhờ việc sử dụng các chi tiết bằng thép có vi cấu trúc mactensit hoặc bainit-mactensit.

Các chi tiết chế tạo loại này đã được mô tả trong FR 2 780 984 và FR 2 807 447, theo đó phôi được cắt từ thép tấm để xử lý nhiệt và được phủ lót kim loại hoặc hợp kim kim loại được nung nóng trong lò và sau đó được tạo hình nóng. Việc giữ chi tiết trong dụng cụ sau khi tạo hình đã được thực hiện khiến cho có thể làm nguội nhanh chóng dẫn đến sự tạo ra các vi cấu trúc đã được hóa cứng có

các đặc tính cơ học rất cao. Quy trình kiểu này cũng đã biết là quy trình tăng cứng bằng cách ép.

Các đặc tính cơ học của các chi tiết đã được tạo ra như vậy thường được đánh giá bởi các thử nghiệm độ bền kéo và độ cứng. Các tài liệu trích được dẫn nêu trên mô tả các quy trình mà cho phép đạt được độ bền kéo TS bằng 1500MPa từ phôi thép có độ bền kéo ban đầu TS bằng 500MPa trước khi nung nóng và làm nguội nhanh.

Tuy nhiên, các điều kiện kìm việc của một số chi tiết có lớp phủ đã được hóa cứng không chỉ cần đến độ bền kéo cao TS mà còn phải có độ dẻo tốt. Độ dẻo của các chi tiết, ví dụ, được đánh giá bằng cách đo độ giãn dài hoàn toàn. Ví dụ, các chi tiết được tạo ra bởi quy trình sản xuất theo FR 2 780 984, mặc dù có độ bền kéo cao, song lại có độ giãn dài hoàn toàn chỉ ở mức thấp hơn 6%.

Do đó, giải pháp đã được đề xuất trong EP 2 137 327 là phương pháp sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép từ phôi thép có thành phần bao gồm các nguyên tố: 0,040-0,100% C, 0,80-2,00% Mn, <0,30% Si, <0,005% S, <0,030% P, 0,01-0,070% Al, 0,015-0,100% Al, 0,030-0,080% Ti, <0,009% N, <0,100% Cu, Ni, Mo, <0,006% Ca. Sau khi tăng cứng bằng cách ép, độ bền kéo cao hơn 500MPa và độ giãn dài hoàn toàn ít nhất là 15% có thể đạt được. Tuy nhiên, do bản chất của vi cấu trúc là ferit đẳng trục, nên không thể đạt được độ bền kéo rất cao.

Ngoài ra, EP 1 865 086 đề cập đến thành phần thép bao gồm các nguyên tố: 0,1-0,2% C, 0,05-0,3% Si, 0,8-1,8% Mn, 0,5-1,8% Ni, <0,015% P, <0,003% S, 0,0002-0,008% B, tùy ý 0,01-0,1% Ti, tùy ý 0,01-0,05% Al, tùy ý 0,002-0,005% N. Thành phần này cho phép có thể sản xuất được chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có độ bền kéo cao hơn 1000MPa và có độ giãn dài hoàn toàn lớn hơn 10%. Tuy nhiên, do có hàm lượng niken cao, nên việc sản xuất thép này tốn kém.

EP 1 881 083 đề cập đến chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được làm từ thép có thành phần bao gồm các nguyên tố: 0,11-0,18% C, 0,10-0,30% Si, 1,60-2,20% Mn, <0,0015% P, < 0,010% S, 1,00-2,00% Cr, 0,020% N, 0,020-0,060% Nb, 0,001-0,004%B, 0,001-0,050%Ti. Chi tiết này có độ bền kéo cao hơn

1200MPa và độ giãn dài hoàn toàn lớn hơn 12%. Tuy nhiên, do có hàm lượng crom cao, nên thép này cũng có giá thành sản xuất cao.

Trong hầu hết các trường hợp trong thực tế, độ giãn dài hoàn toàn dường như không chỉ là tham số duy nhất để đảm bảo cho việc các chi tiết có độ dẻo đủ để hấp thụ các năng lượng làm biến dạng hoặc va đập để không xuất hiện nguy cơ đứt gãy. Do đó, độ giãn dài hoàn toàn cao không đảm bảo cho việc có được độ dẻo đủ như vậy.

Thay vào đó, như đã được phân tích trong ấn phẩm “Crash Ductility and Numerical Modeling of Usibor® 1500 Fracture behavior”, P. Dietsch and D. Hasenpouth, Proceedings of the International Automotive Body Congress, Frankfurt 2015, các tham số ứng suất phá huỷ và góc uốn dường như là phù hợp hơn so với tham số độ giãn dài hoàn toàn để đảm bảo rằng chi tiết này có độ dẻo đủ để hấp thụ các năng lượng làm biến dạng hoặc va đập để không xuất hiện nguy cơ đứt gãy, đặc biệt là trong các vùng có sự tập trung ứng suất cục bộ do dạng hình học của chi tiết có nguy cơ xuất hiện các khuyết tật vi mô trên bề mặt của các chi tiết. Độ dẻo này còn có thể được gọi là “tính dẻo khi va chạm”, và không tương quan với các độ giãn dài hoàn toàn và độ giãn dài đều.

WO 2017/006159 đề cập đến quy trình sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép từ thép có thành phần bao gồm các nguyên tố: 0,062-0,095% C, 1,4-1,9% Mn, 0,2-0,5% Si, 0,020-0,070% Al, 0,02-0,1% Cr, trong đó $1,5\% \leq C+Mn+Si+Cr \leq 2,7\%$, 0,040-0,060% Nb, $3,4 \cdot N \leq Ti \leq 8 \cdot N$, $0,044 \leq Nb+Ti \leq 0,090\%$, 0,0005-0,004% B, 0,001-0,009% N, 0,0005-0,003% S và 0,001-0,20% P, chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này có góc uốn lớn hơn 75° và ứng suất phá huỷ dưới điều kiện biến dạng phẳng lớn hơn 0,60.

Tuy nhiên, độ bền kéo của các chi tiết như vậy đều ở mức thấp hơn 1200MPa.

Do đó, việc thép tấm dùng để sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, chi tiết được tăng cứng bằng cách ép và quy trình sản xuất nó không có những hạn chế nêu trên là được mong muốn. Việc thép tấm thích hợp để sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có giới hạn chảy YS ít nhất là 1000MPa, độ bền kéo TS nằm trong khoảng từ 1300 đến 1600MPa, và độ dẻo cao được đặc

tả bởi góc uốn lớn hơn 60° và ứng suất phá huỷ trong điều kiện biến dạng phẳng lớn hơn 0,50, và chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép như vậy là được mong muốn. Việc thép tấm dùng để tăng cứng bằng cách ép mà có thể có sẵn hoặc ở trạng thái chưa được phủ hoặc đã có lớp phủ kim loại cho phép thép tấm này có khả năng chống ăn mòn cao sau khi tăng cứng bằng cách ép cũng được mong muốn.

Ngoài ra, thép tấm hoặc chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép mà nó dễ hàn, trước hoặc sau khi tạo hình bằng cách dập là được mong muốn.

Thép tấm mà nó dễ hàn hoặc là trong quy trình thuận nhất (tức là hàn hai tấm có cùng thành phần) hoặc là trong quy trình không thuận nhất (hàn hai tấm có thành phần thép khác nhau) và cũng được tăng cứng bằng cách ép, sao cho các mối hàn được tăng cứng bằng cách ép này có các tính chất cơ học cao là được mong muốn.

Nhằm cải thiện khả năng oxy hoá, các tấm được làm bằng thép dễ được tăng cứng bằng cách ép thường được phủ lớp phủ lót, đặc biệt là lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Các phôi được tạo ra từ các tấm có lớp phủ lót như vậy có thể được ván với các phôi khác, ví dụ, các phôi có lớp phủ lót khác, các phôi đã được hàn này tiếp đó được tạo hình nóng và được tăng cứng bằng cách ép thành hình dạng cuối của chúng.

Khi các phôi có lớp phủ lót như vậy được hàn với các phôi khác, một phần của lớp phủ lót bị nóng chảy thành kim loại hàn được tạo ra giữa các phôi do việc hàn.

Kim loại ngoại sinh này có thể dẫn đến việc hình thành các vùng liên kim loại, mà khi bị tác động cơ học lên, chúng xu hướng trở thành nơi bắt đầu nứt gãy dưới các điều kiện động hoặc tĩnh.

Ngoài ra, do nhôm là một nguyên tố mở rộng vùng anpha (alphageneous), nên nó làm chậm sự chuyển hoá thành austenit của vùng nóng chảy khu nung nóng trước khi tạo hình nóng phôi hàn này. Do đó, trong trường hợp đó, không thể tạo ra được mối hàn có cấu trúc đã được tôi hoàn toàn sau khi tăng cứng bằng cách ép, và mỗi hàn đã tạo ra như vậy có độ cứng và độ bền kéo so với chính tấm thép được hàn.

Nhằm giải quyết vấn đề đó, giải pháp đã được đề xuất là loại bỏ lớp phủ lót ở vùng có mối hàn nhờ việc khắc mòn bằng laze trước khi hàn.

Tuy nhiên, việc khắc mòn bằng laze này kéo theo các chi phí bổ sung.

Do đó, thép tấm đã phủ lót lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, nó có thể được hàn bằng laze với một tấm khác không cần loại bỏ toàn bộ lớp phủ lót đồng thời vẫn đảm bảo các tính chất cơ học cao trong toàn bộ chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép sau khi tạo hình dập, đặc biệt là các tính chất cơ học cao trong mối hàn laze cũng được mong muốn.

Các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép mà có thể dễ hàn sau khi tạo hình dập nóng, đặc biệt là bằng cách hàn điểm điện trở cũng được mong muốn.

Thực tế là, chu trình nhiệt liên quan tới quá trình hàn điểm điện trở bao gồm gradien nhiệt độ trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng tới điểm nóng chảy thép. Việc nung nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng $Ac1-Ac3$ có thể hóa mềm vi cấu trúc của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép trong vùng bị tác động nhiệt, tức là, các vùng của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép mà không bị nóng chảy và có vi cấu trúc và các tính chất của chúng bị thay đổi do việc hàn. Khi việc làm mềm này trầm trọng, thì ứng suất tác động từ bên ngoài có thể bị tập trung ở vùng đã bị làm mềm, do đó gây ra sự phá hủy sớm do sự biến dạng tập trung.

Do đó, các liên kết hàn điểm điện trở có độ dẻo cao và tốt hơn là không có sự chảy mềm đáng kể trong vùng bị tác động nhiệt là được mong muốn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất thép tấm dùng để sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, thép tấm này có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq \text{Mo} \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq \text{B} \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq \text{N} \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq \text{S} \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq \text{P} \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq \text{Ca} \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

thép tấm này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Theo một phương án, thép tấm này có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó.

Ví dụ, lớp phủ lót kim loại là lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Theo một ví dụ khác, lớp phủ lót kim loại là lớp phủ lót kẽm nhôm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Tốt hơn là, thép tấm này có vùng đã khử silic trên bề mặt của mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính dưới lớp phủ lót kim loại, độ sâu $p_{50\%}$ của vùng đã khử silic này nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, $p_{50\%}$ là độ sâu, mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần của thép, và trong đó thép tấm đã được ủ này không chứa lớp sắt oxit trên bề mặt phân cách giữa các bề mặt chính và lớp phủ lót kim loại.

Theo một phương án, thép tấm này là thép tấm chưa được ủ, vi cấu trúc của thép tấm này chứa, trong phần bề mặt:

5% tới 20% austenit tồn dư,
 xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,
 phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,
 austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Cụ thể, thép tấm này là, ví dụ, thép tấm cán nóng có năng lượng Charpy đặc trưng KCV cao hơn hoặc bằng $60\text{J}/\text{cm}^2$.

Theo một phương án khác, thép tấm này là thép tấm đã được ủ, vi cấu trúc của thép tấm đã được ủ gồm, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,
 từ 1% tới 20% austenit tồn dư,
 xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,
 phần bù chứa mactensit,
 austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Tốt hơn là, thành phần của thép cần sao cho $\text{Al} \geq 0,3\%$.

Thép tấm này nói chung có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Theo một phương án, hàm lượng Mn là thấp hơn 4,0%.

Tốt hơn, nếu hàm lượng Mo ít nhất là 0,05%.

Theo một phương án, hàm lượng B thấp hơn hoặc bằng 0,0015%.

Theo một phương án, thành phần này cần sao cho $\text{Al} \geq 0,15\%$ và $\text{Ti} < 3,42 \cdot \text{N}$.

Theo một phương án khác, thành phần này cần sao cho $\text{Al} < 0,15\%$ và $\text{Ti} \geq 3,42 \cdot \text{N}$. Theo phương án này, tốt hơn nếu thành phần này cần sao cho $\text{Ti} < 8 \cdot \text{N}$.

Tốt hơn là, hàm lượng Nb cao hơn hoặc bằng 0,010%.

Tốt hơn là, hàm lượng nito thấp hơn 0,007%.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm dùng để sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, phương pháp này bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra bán thành phẩm thép có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

- cán nóng bán thành phẩm thép này để tạo ra thép tấm cán nóng,

- cuộn thép tấm cán nóng này ở nhiệt độ cuộn T_{coil} thấp hơn 550°C , để tạo ra thép tấm đã được cuộn,

- tùy ý, cán nguội thép tấm đã được cuộn này.

Ví dụ, khi việc cán nguội được thực hiện, thép tấm đã được cuộn này được cán nguội với tỷ lệ cán nguội nằm trong khoảng từ 30% đến 80%.

Tốt hơn là, sau khi cuộn và trước khi cán nguội, thép tấm đã được cuộn này được ủ từng mẻ ở nhiệt độ ủ mẻ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C , thép tấm đã được cuộn này được duy trì ở nhiệt độ ủ mẻ T_{HBA} trong thời gian ủ mẻ t_{HBA} nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 20 giờ.

Tốt hơn là, phương pháp này còn bao gồm bước ủ thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội ở nhiệt độ ủ T_A cao hơn hoặc bằng 650°C , bước ủ này bao gồm việc nung nóng thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội tới nhiệt độ ủ T_A , và giữ thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A từ 30 giây đến 600 giây.

Theo một phương án, nhiệt độ ủ T_A là thấp hơn Ae_3 .

Theo một phương án khác, nhiệt độ ủ T_A cao hơn hoặc bằng Ae_3 .

Theo một phương án, sau khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , thép tấm được phủ lót kim loại hoặc hợp kim kim loại bằng cách phủ nhúng trong bể, tiếp đó được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng.

Ví dụ, thép tấm này được phủ lót kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Theo một ví dụ khác, thép tấm này được phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Tốt hơn là, thép tấm này được ủ ở nhiệt độ ủ T_A để tạo ra, sau khi hoàn thành quá trình ủ, lớp khử silic của bề mặt của thép tấm đã được ủ bên trên độ sâu $p_{50\%}$ nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, trong đó $p_{50\%}$ là độ sâu mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần này, và để tạo ra thép tấm đã được ủ không có lớp sắt oxit trên bề mặt của nó.

Nói chung, thép tấm này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Tốt hơn là, thành phần của thép cần sao cho $Al \geq 0,3\%$.

Theo một phương án, hàm lượng Mn là thấp hơn 4,0%.

Tốt hơn, nếu hàm lượng Mo ít nhất là 0,05%.

Theo một phương án, hàm lượng B thấp hơn hoặc bằng 0,0015%.

Theo một phương án, thành phần này cần sao cho $Al \geq 0,15\%$ và $Ti < 3,42 \cdot N$.

Theo một phương án khác, thành phần này cần sao cho $Al < 0,15\%$ và $Ti \geq 3,42 \cdot N$. Theo phương án này, tốt hơn nếu thành phần này cần sao cho $Ti < 8 \times N$.

Tốt hơn là, hàm lượng Nb cao hơn hoặc bằng 0,010%.

Tốt hơn là, hàm lượng nitơ thấp hơn 0,007%.

Sáng chế cũng đề cập đến chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, được làm bằng thép có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

trong đó vi cấu trúc gồm, chiếm phần lớn của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép này, trong phần bề mặt:

ít nhất 50% mactensit đã bị phân hóa,

dưới 30% ferit,

ít nhất 2% austenit tồn dư,

xementit sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$, và

tối đa 5% mactensit mới,

austenit tồn dư có hàm lượng C trung bình ít nhất là 0,5%.

Nói chung, austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Tốt hơn là, thành phần của thép cần sao cho $Al \geq 0,3\%$.

Theo một phương án, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép được phủ lớp phủ kim loại.

Ví dụ, lớp phủ kim loại này là lớp phủ hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm.

Theo một ví dụ khác, lớp phủ kim loại này là lớp phủ hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm.

Chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép nói chung có giới hạn chảy ít nhất là 1000MPa, độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1300 đến 1600MPa, ứng

suất phá huỷ trong điều kiện biến dạng phẳng lớn hơn 0,50 và góc uốn lớn hơn 60°.

Theo một phương án, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có ít nhất một vùng biến dạng nóng thứ nhất với giá trị biến dạng tương đương ε_b lớn hơn 0,15, và ít nhất một vùng thứ hai đã được trải qua cùng một chu trình làm nguội trong quá trình tăng cứng bằng cách ép như vùng biến dạng nóng thứ nhất, trong đó giá trị biến dạng tương đương ε_b thấp hơn 0,05.

Nói chung, mức chênh lệch về độ cứng giữa vùng thứ hai và vùng biến dạng nóng thứ nhất lớn hơn 15 HV1.

Nói chung, độ rộng dải mactensit trung bình trong vùng biến dạng nóng thứ nhất nhỏ hơn 15% độ rộng dải mactensit trung bình trong vùng thứ hai.

Tốt hơn là, tỷ lệ của dải mactensit có độ rộng nhỏ hơn 0,8µm trong các vùng bị biến dạng nhiều lớn hơn ít nhất là 35% so với trong các vùng bị biến dạng ít.

Nói chung, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Theo một phương án, hàm lượng Mn là thấp hơn 4,0%.

Tốt hơn, nếu hàm lượng Mo ít nhất là 0,05%.

Theo một phương án, hàm lượng B thấp hơn hoặc bằng 0,0015%.

Theo một phương án, thành phần này cần sao cho $Al \geq 0,15\%$ và $Ti < 3,42 \cdot N$.

Theo một phương án khác, thành phần này cần sao cho $Al < 0,15\%$ và $Ti \geq 3,42 \cdot N$. Theo phương án này, tốt hơn nếu thành phần này cần sao cho $Ti < 8 \cdot N$.

Tốt hơn là, hàm lượng Nb cao hơn hoặc bằng 0,010%.

Tốt hơn là, hàm lượng nito thấp hơn 0,007%.

Sáng chế còn đề cập đến quy trình sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra thép tấm theo sáng chế hoặc được tạo ra bởi phương pháp theo sáng chế,
- cắt thép tấm này theo một hình dạng định trước, để tạo ra phôi thép,

- nung nóng phôi thép này tới nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C và giữ phôi thép này ở nhiệt độ T_m trong thời gian giữ t_m từ 60 giây đến 600 giây, để tạo ra phôi thép đã nung nóng có cấu trúc chứa 70% tới 100% austenit,
- chuyển phôi đã nung nóng vào máy dập tạo hình,
- tạo hình nóng phôi đã nung nóng trong máy dập tạo hình để tạo ra chi tiết đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết đã được tạo hình này tới nhiệt độ dừng làm nguội T_C nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến $M_s-100^{\circ}\text{C}$,
- nung nóng lại chi tiết đã được tạo hình từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C , và duy trì chi tiết đã được tạo hình ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} từ 10 giây đến 600 giây,
- làm nguội chi tiết đã được tạo hình này xuống nhiệt độ trong phòng để tạo ra chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép.

Nói chung, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Sáng chế còn đề cập đến phôi thép hàn bằng laze dùng để sản xuất chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép, phôi thép hàn bằng laze này bao gồm:

- phôi thép thứ nhất đã được tạo ra bằng cách cắt thép tấm theo sáng chế, có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó, lớp phủ lót kim loại này là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,
- phôi thép thứ hai có thành phần bao gồm 0,065% tới 0,38% cacbon, phôi thép thứ hai này có lớp phủ lót bằng nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, và
- mỗi hàn laze liên kết phôi thứ nhất với phôi thép thứ hai trong đó các lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm của phôi thép thứ nhất và của phôi thép thứ hai phủ lên vùng lân cận sát cạnh của mỗi hàn laze trên ít nhất một mặt của các phôi thép thứ nhất và thứ hai.

Theo một phương án khác, phôi thép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,04\% \leq C$

$\leq 0,38\%$, $0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%$, $0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%$, $0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$, $\text{Mo} \leq 0,65\%$, $\text{Ni} \leq 2\%$, $0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%$, $\text{Nb} \leq 0,1\%$, $\text{B} \leq 0,010\%$, $0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%$, $0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%$, $\text{W} \leq 0,30\%$, $\text{Ca} \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Tốt hơn là, thành phần của phôi thép thứ hai cần sao cho $\text{C} \geq 0,065\%$.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất phôi thép hàn bằng laze bao gồm các bước:

- tạo ra thép tấm thứ nhất theo sáng chế, có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó, lớp phủ lót kim loại này là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,
- cắt thép tấm thứ nhất theo một hình dạng định trước, để tạo ra phôi thép thứ nhất,
- tạo ra phôi thép thứ hai có thành phần bao gồm 0,065% tới 0,38% cacbon, có lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,
- không cần loại bỏ toàn bộ lớp phủ lót trên ít nhất một mặt của các phôi thép thứ nhất và thứ hai, hàn bằng laze phôi thép thứ nhất với phôi thép thứ hai để tạo ra phôi thép hàn bằng laze.

Theo một phương án khác, phôi thép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,04\% \leq \text{C} \leq 0,38\%$, $0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%$, $0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%$, $0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$, $\text{Mo} \leq 0,65\%$, $\text{Ni} \leq 2\%$, $0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%$, $\text{Nb} \leq 0,1\%$, $\text{B} \leq 0,010\%$, $0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%$, $0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%$, $\text{W} \leq 0,30\%$, $\text{Ca} \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi. Tốt hơn là, thành phần của phôi thép thứ hai cần sao cho $\text{C} \geq 0,065\%$.

Sáng chế còn đề cập đến chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai và mỗi hàn laze được tăng cứng bằng cách ép liên kết chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất với chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai, trong đó chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất là một chi tiết theo sáng chế, chi tiết này được phủ lớp phủ kim loại, lớp phủ kim loại này là lớp

phủ hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có thành phần chứa 0,04% tới 0,38% cacbon, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có lớp phủ bằng lớp phủ nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, mỗi hàn laser được tăng cứng bằng cách ép này có cấu trúc chứa tối đa 15% ferit, và trong đó trên ít nhất một mặt của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai, độ dày của lớp phủ trong vùng bị tác động nhiệt là giống như độ dày của lớp phủ trong phần còn lại của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai.

Tốt hơn là, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có thành phần bao gồm 0,065% tới 0,38% cacbon.

Theo một phương án khác, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,04\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,05\% \leq Mn \leq 4,2\%$, $0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 2\%$, $Mo \leq 0,65\%$, $Ni \leq 2\%$, $0,001\% \leq Ti \leq 0,2\%$, $Nb \leq 0,1\%$, $B \leq 0,010\%$, $0,0005\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,05\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,1\%$, $W \leq 0,30\%$, $Ca \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi. Tốt hơn là, hàm lượng C ít nhất là 0,065%.

Sáng chế cũng đề cập đến quy trình sản xuất chi tiết bằng thép hàn bằng laser được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra phôi thép hàn bằng laser theo sáng chế hoặc được tạo ra bởi phương pháp theo sáng chế,
- nung nóng phôi thép hàn bằng laser tới nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C và giữ phôi thép hàn bằng laser ở nhiệt độ T_m trong thời gian giữ t_m từ 60 giây đến 600 giây, để tạo ra phôi thép hàn bằng laser đã được nung nóng có cấu trúc chứa 70% tới 100% austenit,
- chuyển phôi thép hàn bằng laser đã được nung nóng này vào máy dập tạo hình,
- tạo hình nóng phôi hàn laser đã được nung nóng trong máy dập tạo hình để tạo ra chi tiết hàn bằng laser đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết hàn bằng laser đã được tạo hình tới nhiệt độ dừng làm nguội T_C nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến $Ms-100^\circ\text{C}$,

- nung nóng lại chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C , và duy trì chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} từ 10 giây đến 600 giây,
- làm nguội chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình xuống nhiệt độ trong phòng để tạo ra chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép.

Sáng chế cũng đề cập đến mỗi hàn điểm điện trở của ít nhất là các chi tiết bằng thép thứ nhất và thứ hai, trong đó chi tiết bằng thép thứ nhất là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, mỗi hàn điểm điện trở này có trị số anpha ít nhất là 50daN/mm^2 và hệ số bít ít nhất là 0,70.

Ví dụ, chi tiết bằng thép thứ hai cũng là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế.

Tốt hơn là, chi tiết bằng thép thứ nhất có thành phần sao cho $\text{Al} \geq 0,3\%$, và mức chênh lệch giữa độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết bằng thép thứ nhất và trị số độ cứng Vickers nhỏ nhất trong vùng bị tác động nhiệt là thấp hơn 25% so với độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất.

Sáng chế còn đề cập đến cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép thứ nhất và chi tiết bằng thép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở, cụm hàn này có ít nhất một mỗi hàn điểm điện trở liên kết chi tiết bằng thép thứ nhất với chi tiết bằng thép thứ hai, trong đó chi tiết bằng thép thứ nhất là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, chi tiết bằng thép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,04\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%$, $0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%$, $0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$, $\text{Mo} \leq 0,65\%$, $\text{Ni} \leq 2\%$, $0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%$, $\text{Nb} \leq 0,1\%$, $\text{B} \leq 0,010\%$, $0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%$, $0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%$, $\text{W} \leq 0,30\%$, $\text{Ca} \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi, mỗi mỗi hàn điểm điện trở này có trị số anpha ít nhất là 50 daN/mm^2 và hệ số bít ít nhất là 0,70.

Tốt hơn là, chi tiết bằng thép thứ hai có thành phần sao cho $C \geq 0,065\%$.

Tốt hơn là, chi tiết bằng thép thứ nhất có thành phần sao cho $Al \geq 0,3\%$, và mức chênh lệch giữa độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết bằng thép thứ nhất và trị số độ cứng Vickers nhỏ nhất trong vùng bị tác động nhiệt là thấp hơn 25% so với độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất.

Chi tiết bằng thép thứ hai có, ví dụ, thành phần thép theo sáng chế.

Ví dụ, chi tiết bằng thép thứ hai có thành phần sao cho $Al \geq 0,3\%$.

Nói chung, chi tiết bằng thép thứ hai là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép.

Sáng chế cũng đề cập đến cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép thứ nhất và chi tiết bằng thép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở, cụm hàn này có ít nhất một mối hàn điểm điện trở liên kết chi tiết bằng thép thứ nhất với chi tiết bằng thép thứ hai, trong đó chi tiết bằng thép thứ nhất là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, và chi tiết bằng thép thứ hai là chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, hoặc chi tiết bằng thép được dập nguội hoặc được tạo hình nguội, có độ bền kéo không cao hơn 2100MPa.

Tốt hơn là, chi tiết bằng thép thứ hai có hàm lượng C không cao hơn 0,38% và hàm lượng Mn không cao hơn 4,2%.

Sáng chế cũng mô tả việc sử dụng chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo phương án bất kỳ của sáng chế, hoặc được tạo ra bởi phương pháp theo sáng chế, để sản xuất chi tiết chống xâm nhập hoặc chi tiết hấp thụ năng lượng của xe có động cơ.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Tiếp theo, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết hơn, nhưng sáng chế không chỉ giới hạn ở hình vẽ kèm theo (Fig.1) minh họa vi cấu trúc của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thép tấm và chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép được sản xuất từ thép có thành phần đặc biệt, các nguyên tố được biểu thị theo hàm lượng phần trăm khối lượng:

- $0,15\% \leq C \leq 0,22\%$: hàm lượng cacbon phải không thấp hơn 0,15% để đạt được giới hạn chảy và độ bền kéo thoả đáng sau khi tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, khi hàm lượng cacbon vượt quá mức 0,22%, thì tính dễ uốn cong và độ dai mối hàn giảm.

- $3,5\% \leq Mn \leq 4,2\%$: hàm lượng mangan phải ít nhất là 3,5% để có tính thấm tôi đủ, để tạo ra cấu trúc có phần mactensit đủ sau khi tăng cứng bằng cách ép. Ngoài ra, dưới 3,5% Mn, một phần quá cao của của ferit sẽ hình thành khi hàn trong vùng bị tác động nhiệt, dẫn đến độ cứng không đủ của vùng bị tác động nhiệt và sự nứt gãy cục bộ trong vùng này làm cho có độ dẻo thấp. Tuy nhiên, hàm lượng Mn lớn hơn 4,2% làm tăng nguy cơ hình thành của các phân tử cùng với các vi cấu trúc dạng dải, liên quan đến việc độ dẻo giảm. Ngoài ra, hàm lượng Mn lớn hơn 4,2% có thể ảnh hưởng xấu đến tính dễ hàn, đặc biệt là làm giảm các tính chất kéo của các mối hàn điểm điện trở.

Tốt hơn là, hàm lượng Mn là thấp hơn 4,0% để đạt được tính dễ hàn tốt hơn nữa.

- $0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$: silic góp phần khử oxy của thép trong giai đoạn lỏng và có thể góp phần làm tăng cứng sau khi tạo hình nóng. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Si lớn hơn 1,5%, thì độ dai của thép tấm sau khi cán nóng và/hoặc trước khi cán nguội sẽ không đủ. Ngoài ra, hàm lượng Si cao như vậy có thể gây ra sự hình thành của các oxit bề mặt ngăn cản sự bám dính của lớp phủ trong quá trình sản xuất thép tấm có lớp phủ kim loại. Việc giảm hàm lượng Si ở trị số cực thấp, dưới 0,001% gây tốn kém và không có hiệu quả khi xét đến các đặc tính cần đạt được.

- $0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$: khi được bổ sung vào với lượng không dưới 0,020%, nhôm là một chất khử oxy rất hiệu quả ở trạng thái lỏng. Tốt hơn là, hàm lượng Al ít nhất là 0,3%. Cụ thể, nếu chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này được tạo ra từ thép tấm có lớp phủ lót bằng nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, thì việc hợp kim hoá lớp phủ lót này thường được thực hiện trước khi tạo hình nóng. Việc hợp kim hoá này đòi hỏi nhiệt độ nung nóng, trước khi

tạo hình bằng cách dập nóng, nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C. Nhờ việc bổ sung ít nhất 0,3% Al, nên nhiệt độ nung nóng nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C sẽ cho phép có được cấu trúc được mong muốn khi nung nóng, bao gồm ít nhất 70% austenit, mà vẫn không dẫn đến làm thô quá mức các hạt austenit.

- $0,001\% \leq \text{Cr} \leq 1\%$: Crom có thể được bổ sung vào để làm chậm sự hoà tan của các cacbua và làm ổn định austenit tồn dư. Mức lớn nhất 1% crom được cho phép: trên hàm lượng này, Cr ngăn chặn sự hoà tan của các cacbua đã tạo ra ở giai đoạn đầu. Việc giảm hàm lượng Cr ở trị số cực thấp, dưới 0,001% gây tổn kém và không có hiệu quả khi xét đến các đặc tính cần đạt được.

- $0,001\% \leq \text{Mo} \leq 0,3\%$. Molybden góp phần mang lại tính dễ hàn tốt, làm tăng độ dai của thép tấm cán nóng và do vậy cải thiện khả năng dễ gia công của thép tấm cán nóng. Mo cũng làm giảm các vi phân tử của mangan trong khi đúc. Hơn thế nữa, Mo làm tăng độ bền kéo và góc uốn của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Để có được các hiệu quả này, tốt hơn nếu hàm lượng Mo ít nhất là 0,05%. Tuy nhiên, trên 0,3%, việc bổ sung Mo gây tổn kém. Ngoài ra, việc giảm hàm lượng Mo ở trị số cực thấp, dưới 0,001% gây tổn kém và không có hiệu quả khi xét đến các đặc tính cần đạt được.

- $0,0003\% \leq \text{B} \leq 0,004\%$: với hàm lượng ít nhất là 0,0003%, bo làm tăng độ bền kéo và góc uốn của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này B. Ngoài ra, B làm tăng độ dai của thép tấm cán nóng, và do đó làm tăng khả năng dễ gia công của nó. Cụ thể, nhờ B, tối đa 1,5% Si có thể có mặt trong thành phần của thép trong khi vẫn duy trì độ dai thoả đáng của thép tấm cán nóng. B cũng cải thiện tính dễ hàn của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Tuy nhiên, theo sáng chế này, B không được bổ sung vào để đóng vai trò đối với tính dễ thấm tôi, do tính dễ thấm tôi đủ sẽ đạt được thông qua việc bổ sung ít nhất là 3,5% Mn. Hàm lượng B được giới hạn ở mức 0,004%, bởi vì trên hàm lượng này, ảnh hưởng của nó bị bão hoà. Ngoài ra, tốt hơn nếu hàm lượng B thấp hơn hoặc bằng 0,0015%, nhằm hạn chế sự kết tủa của các bocacbua trong khi nung nóng và giữ trước bước tạo hình bằng cách dập.

- $0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,040\%$: titan kết tủa ở nhiệt độ cao dưới dạng các nitrua. Do vậy, titan có thể được bổ sung vào để gắn kết bền vững lượng nitơ thoả đáng,

khiến cho nito không có sẵn, hoặc chỉ có với một lượng nhỏ, để kết hợp với bo. Do đó, bo có mặt để làm tăng độ dai của thép tấm cán nóng và tính dễ hàn, độ bền kéo và góc uốn của chi tiết được tăng cường bằng cách ép này. Tuy nhiên, khi titan vượt quá mức 0,040%, có nguy cơ là titan kết tủa ở giai đoạn lỏng trong quá trình luyện thép, do đó tạo ra các titan nitrua thô làm giảm độ dẻo và tính dễ uốn cong sau khi tăng cường bằng cách ép.

Khi thành phần thép bao gồm ít nhất 0,15% Al, việc bổ sung Ti chỉ là tùy ý, do Al, giống như Ti, sẽ gắn kết với nito. Tuy nhiên, việc giảm Ti ở trị số cực thấp, dưới 0,001% gây tổn kém và không có hiệu quả khi xét đến các đặc tính cần đạt được. Theo phương án này, hàm lượng Ti, ví dụ, thấp hơn $3,42 \times N$.

Khi thành phần thép bao gồm dưới 0,15% Al, tốt hơn nếu Ti được bổ sung vào với hàm lượng cao hơn hoặc bằng $3,42 \times N$, trong đó N là hàm lượng nito trong thành phần của thép.

Tốt hơn là, hàm lượng Ti là thấp hơn $8 \times N$.

- $0,001\% \leq Nb < 0,060\%$. Niobi có thể có mặt dưới dạng một tạp chất, với hàm lượng ít nhất là 0,001%. Ngoài ra, việc giảm hàm lượng Nb ở trị số cực thấp, dưới 0,001% gây tổn kém và không có hiệu quả khi xét đến các đặc tính cần đạt được. Khi việc bổ sung chủ động Nb được thực hiện, thì tốt hơn nếu hàm lượng của nó ít nhất là 0,010%. Niobi kết hợp với cacbon và/hoặc nito, tạo ra các niobi cacbonitrua mịn Nb(CN). Hàm lượng Nb không dưới 0,010% cho phép có thể tạo ra các kết tủa như vậy mà sẽ làm mịn cỡ hạt austenit trong khi nung nóng ngay trước khi tạo hình bằng cách dập nóng. Hạt austenit càng mịn thì cấu trúc dạng dải càng mảnh và làm tăng độ dẻo và độ dai. Tuy nhiên, hàm lượng lớn hơn 0,060% khiến cho tấm cán nóng sẽ có độ cứng cao gây khó khăn hơn cho việc thực hiện cán nguội.

- $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$: hàm lượng nito được điều chỉnh trong quá trình luyện thép. Với hàm lượng không dưới 0,001%, nito kết hợp với titan và niobi để tạo ra các nitrua và cacbonitrua hạn chế khả năng làm thô hạt austenit trong khi nung nóng ngay trước khi tạo hình bằng cách dập nóng, dẫn đến làm mảnh các dải mactensit được tạo ra sau khi tạo hình bằng cách dập nóng. Tuy nhiên, hàm lượng

N lớn hơn 0,009% làm giảm góc uốn của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này và làm giảm độ dẻo. Tốt hơn là, hàm lượng nitơ thấp hơn 0,007%.

- $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$: trên 0,003%, các sulfua được tạo ra sẽ làm giảm tính dễ uốn cong và độ dẻo của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Tuy nhiên, hàm lượng S dưới 0,0005% sẽ cần đến việc khử lưu huỳnh tốn kém, mà không mang lại lợi ích đáng kể. Do vậy, hàm lượng S ít nhất là 0,0005%.

- $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$: khi có mặt với lượng trên 0,020%, phospho có thể phân tách tại ranh giới các hạt austenit và làm giảm độ dai của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Tuy nhiên, hàm lượng P thấp hơn 0,001 % sẽ cần đến việc xử lý tốn kém ở giai đoạn lỏng, mà không mang lại lợi ích đáng kể về các tính chất cơ học của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Do đó, hàm lượng P ít nhất là 0,001 %.

- $0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%$: là một nguyên tố tùy ý, canxi có thể được bổ sung vào thành phần thép. Khi được bổ sung vào với hàm lượng không dưới 0,0001 %, Ca kết hợp với lưu huỳnh và oxy, nhờ đó tạo ra các oxysulfua không gây ảnh hưởng xấu đến độ dẻo, như trong trường hợp các các mangan sulfua được kéo dài. Ngoài ra, các oxysulfua này có vai trò làm các nhân cho sự kết tủa mịn của (Ti, Nb)(C,N). Ảnh hưởng này bị bão hoà khi hàm lượng Ca lớn hơn 0,003%.

Phần còn lại của thành phần này là sắt và các tạp chất khó tránh khỏi. Về khía cạnh này, niken, đồng, và vanadi được xem là các nguyên tố tồn dư mà là các tạp chất khó tránh khỏi. Do đó, hàm lượng của chúng gồm tối đa 0,05% Ni, tối đa 0,03% Cu và tối đa 0,007% V.

Theo sáng chế, chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này được tạo ra từ thép tấm có thành phần nêu trên và vi cấu trúc đặc biệt.

Thép tấm theo sáng chế có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Thép tấm này có thể là thép tấm cán nóng hoặc cán nguội, tùy thuộc vào độ dày được mong muốn của chi tiết thành phẩm.

Ví dụ, các thép tấm cán nóng theo sáng chế có độ dày nằm trong khoảng từ 1,5mm đến 5mm, và các thép tấm cán nguội có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 2,5mm.

Theo một phương án cụ thể, đặc biệt là khi mong muốn tạo ra chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có sự giảm trọng lượng cao, thép tấm theo sáng chế có độ dày có độ dày không đồng nhất mà thay đổi. Mức chênh lệch về độ dày giữa phần dày nhất của tấm và phần mỏng nhất của tấm có thể lên tới 50% độ dày của phần dày nhất.

Cụ thể, các tấm có độ dày không đồng nhất có thể được tạo ra bằng cách cán đàn hồi liên tục, tức là, bởi quy trình trong đó độ dày của tấm đạt được sau khi cán là một biến số theo hướng cán, phụ thuộc vào tải trọng đã được tác động thông qua các trục cán lên tấm trong quy trình cán.

Ngoài ra, thép tấm theo sáng chế có thể thép tấm đã được ủ. Cụ thể, nếu thép tấm này được phủ bằng cách phủ nhúng trong bể, thì thép tấm này là thép tấm đã được ủ, như được mô tả một cách chi tiết hơn ở dưới. Ngoài ra, nếu thép tấm này được cán nguội, thì tốt hơn nếu việc ủ được thực hiện sau khi cán nguội, cho dù tấm này có được phủ nhúng hay không.

Vì cấu trúc của thép tấm theo sáng chế phụ thuộc vào việc thép tấm này là thép tấm đã được ủ hoặc thép tấm này không được ủ sau khi cán nóng (nếu thép tấm này là thép tấm cán nóng) hoặc sau khi cán nguội (nếu thép tấm này là thép tấm cán nguội).

Tuy nhiên, trong trường hợp bất kỳ, thép tấm (tức là, cho dù đó là tấm thép đã được ủ hay chưa được ủ) có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

- dưới 50% ferit,
- từ 1% tới 20% austenit tồn dư,
- xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,
- phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,
- austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Thuật ngữ “các hạt xementit lớn hơn 60nm”, sẽ phải được hiểu là các hạt xementit mà chúng có kích thước lớn hơn 60nm.

Vì cấu trúc của thép tấm này bao gồm 1% tới 20% austenit, mà ở nhiệt độ trong phòng, nó là austenit tồn dư. Austenit tồn dư này giàu mangan, hàm lượng

Mn trung bình trong austenit tồn dư là cao hơn hoặc bằng $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó $\text{Mn}\%$ là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này. Việc giàu Mn này làm ổn định austenit tồn dư.

Vi cấu trúc của thép tấm có thể bao gồm ferit, phần bề của mặt ferit chiếm tối đa 50%. Theo một phương án, vi cấu trúc của thép tấm này không bao gồm ferit.

Phần bù của vi cấu trúc của thép tấm gồm bainit và/hoặc mactensit, có hàm lượng tương ứng với lượng còn lại của vi cấu trúc này. Đặc biệt hơn, phần bù này có thể là mactensit, hoặc có thể gồm mactensit và bainit.

Cụ thể, do có hàm lượng Mn cao trong thành phần của thép, nên mactensit được tạo ra sau khi làm nguội từ các nhiệt độ lớn hơn A_{e1} , mà không đòi hỏi phải có tốc độ làm nguội cao.

Vi cấu trúc của thép tấm có thể bao gồm xementit. Tuy nhiên, mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$.

Các phần bề mặt của austenit, mactensit và ferit, và mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm được xác định theo phương pháp sau: mẫu được cắt từ thép tấm, được đánh bóng và được khắc mòn bằng chất ăn mòn đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, để lộ ra vi cấu trúc. Phần này sau đó được kiểm tra bằng kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi điện tử quét. Việc xác định phần bề mặt của mỗi thành phần (mactensit, ferit, austenit và xementit) được thực hiện bằng cách phân tích hình ảnh theo phương pháp đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Theo phương án thứ nhất, thép tấm này là thép tấm cán nóng hoặc cán nguội, mà nó không được ủ sau khi cán nóng hoặc cán nguội, nếu có thể áp dụng được, tức là, thép tấm chưa được ủ. Theo phương án thứ nhất này, thép tấm này không được phủ nhúng nóng.

Theo phương án này, thép tấm này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

5% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó $\text{Mn}\%$ là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Theo phương án thứ hai, thép tấm này là thép tấm đã được ủ, nó có thể thép tấm đã được cán nóng và ủ, hoặc thép tấm đã được cán nguội và ủ. Thép tấm đã được ủ theo phương án này là, ví dụ, thép tấm có lớp phủ lót, hoặc không được phủ.

Theo phương án thứ hai này, thép tấm này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó $\text{Mn}\%$ là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Theo phương án này, cấu trúc này không bao gồm ferit, tùy thuộc vào các điều kiện ủ, như được giải thích một cách chi tiết hơn dưới đây.

Thép tấm nêu trên có thể không được phủ hoặc tùy ý được phủ lót lớp phủ lót kim loại. Lớp phủ lót kim loại này có thể là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Lớp phủ lót kim loại này cũng có thể là kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Trong bản mô tả này, cụm từ “hợp kim trên cơ sở nhôm (hoặc kẽm)” được dùng để chỉ hợp kim mà trong đó Al (hoặc Zn) là nguyên tố chủ yếu được biểu thị theo phần trăm khối lượng của lớp phủ lót, và cụm từ “hợp kim nhôm (hoặc kẽm)” được dùng để chỉ hợp kim mà trong đó hàm lượng Al (hoặc Zn) được biểu thị theo khối lượng là lớn hơn 50% trong lớp phủ lót.

Nếu thép tấm này được phủ lót, thì tốt hơn nếu nó bao gồm vùng đã khử silic trên bề mặt của mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó dưới lớp phủ lót này, độ sâu $p_{50\%}$ của vùng đã khử silic này nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, $p_{50\%}$ là độ sâu mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần của thép.

Hơn nữa, tốt hơn nếu thép tấm này không có lớp sắt oxit trên bề mặt phân cách giữa các bề mặt chính và lớp phủ lót kim loại.

Vi cấu trúc của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế tiếp theo sẽ được mô tả.

Sự mô tả vi cấu trúc này áp dụng cho phần chủ yếu của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, điều đó có nghĩa là vi cấu trúc này chiếm ít nhất 95% thể tích của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép nhằm đạt được các tính chất cơ học được mong muốn. Như được giải thích ở dưới, do thực tế là chi tiết này có thể được hàn trước khi tăng cứng bằng cách ép, tức là, vi cấu trúc của mối hàn có thể khác với phần chủ yếu của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này, hoặc do sự thay đổi vi cấu trúc có thể dẫn đến sự biến dạng cục bộ mạnh mẽ hơn trong nước tạo hình bằng cách dập, vi cấu trúc này có thể khác nhau cục bộ ở một số vùng của chi tiết này, tuy nhiên chỉ chiếm dưới 5% thể tích của chi tiết này.

Do vậy, phần chủ yếu của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

- ít nhất 50% mactensit đã bị phân hóa,
- dưới 30% ferit,
- ít nhất 2% austenit tồn dư,
- xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,
- tối đa 5% mactensit mới,

austenit tồn dư có hàm lượng C trung bình ít nhất là 0,5%..

Các phần bề mặt này và mật độ được xác định theo phương pháp sau: mẫu được cắt từ chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, được đánh bóng và được khắc mòn bằng chất ăn mòn đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, để hiện ra vi cấu trúc. Phần này sau đó được kiểm tra bằng kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi điện tử quét. Việc xác định phần bề mặt của mỗi thành phần (mactensit đã bị phân hóa, fresh mactensit, ferit và austenit) và xác định mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm được thực hiện bằng cách phân tích

hình ảnh theo phương pháp đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này. Phần austenit tồn dư, ví dụ, được xác định bởi phép phân tích nhiễu xạ tia X (XRD).

Mactensit đã bị phân hóa có mặt dưới dạng các dải dài mảnh, được định hướng trong các hạt austenit trước. Mactensit đã bị phân hóa được tạo ra khi làm nguội xuống dưới nhiệt độ chuyển hoá M_s sau khi tạo hình nóng, và việc nung nóng tiếp sau và giữ ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C.

Mactensit đã bị phân hóa có hàm lượng C trung bình hoàn toàn thấp hơn hàm lượng C danh định của thép. Hàm lượng C thấp này là do việc phân hóa của cacbon từ mactensit, được tạo ra khi tôi ở nhiệt độ thấp hơn nhiệt độ M_s của thép, sang austenit, trong khi giữ ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C.

Mactensit mới có thể có mặt trong cấu trúc này. Cụ thể, mactensit mới có thể tạo ra khi làm nguội chi tiết đã được tạo hình từ nhiệt độ xử lý sau T_{PT} xuống nhiệt độ trong phòng. Tuy nhiên, nhờ sự làm ổn định cao của austenit bằng C và nói chung bằng Mn, phần bề mặt mactensit mới được tạo ra khi làm nguội duy trì ở mức thấp hơn 5%.

Mactensit đã bị phân hóa có thể được phân biệt với mactensit mới trên phần được đánh bóng và được khắc mòn bằng chất ăn mòn đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, ví dụ, Nital reagent, khi được quan sát bởi kính hiển vi điện tử quét (SEM) và kỹ thuật tán xạ ngược điện tử (EBSD).

Vì cấu trúc của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép gồm ít nhất 2% austenit mà nó là, ở nhiệt độ trong phòng, austenit tồn dư. Austenit tồn dư này được làm giàu cacbon, việc làm giàu này là do việc phân hoá của cacbon từ mactensit được tạo ra dưới M_s sang austenit trong khi giữ ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C.

Cụ thể, austenit tồn dư có hàm lượng C trung bình ít nhất là 0,5%. Sự làm giàu C này làm ổn định austenit.

Hàm lượng C trong austenit tồn dư, ví dụ, được xác định bằng cách xác định phần austenit tồn dư và các tham số mạng tinh thể bởi phép phân tích nhiễu xạ tia X (XD), cùng với thuật toán chính xác hoá Rietveld (Rietveld, H., "A

profile refinement method for nuclear và magnetic structures”, Journal of applied Crystallography, 2(2), 65-71, 1969). Hàm lượng C trong austenit tồn dư tiếp đó được xác định bằng cách sử dụng các công thức Dyson và Holmes (D. J. Dyson, and B. Holmes: “Effect of alloying additions on the lattice parameter austenite”, Journal of the Iron and Steel Institute, 1970, 208, 469–474).

Austenit tồn dư nói chung cũng được làm giàu mangan, và được làm ổn định bởi nguyên tố này.

Cụ thể, austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình nói chung cao hơn hoặc bằng $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Khi có mặt trong phần bề mặt ít nhất là 2%, austenit tồn dư góp phần làm tăng độ dẻo, đặc biệt là góc uốn và ứng suất phá hủy.

Vì cấu trúc của các chi tiết này có thể cùng gồm ferit. Tuy nhiên, thành phần mềm và dễ uốn này không làm cho có thể đạt được độ bền kéo cao. Do vậy, một mục đích của sáng chế là sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1300 đến 1600MPa, phần bề mặt của ferit phải không cao hơn 30%, nếu không thì độ bền mong muốn không thể đạt được.

Các hạt ferit, nếu có, được ưu tiên có cỡ hạt trung bình tối đa $1,5 \mu\text{m}$. Cỡ hạt ferit trung bình này góp phần đạt được giới hạn chảy ít nhất là 1000MPa.

Khi chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này phải có các đặc tính dễ uốn cong, điều đã được chỉ ra là cỡ hạt trung bình của titan nitrua tốt nhất nên được kiểm soát đến cuối cùng. Cỡ hạt trung bình của TiN có thể được xác định thông qua việc quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét. Đặc biệt hơn, đã xác định được là cỡ hạt trung bình của TiN tốt nhất là nên được giới hạn ở các vùng ngoài sát bề mặt của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này, chúng là các vùng bị kéo căng nhất trong quá trình uốn. Các vùng này nằm trong khoảng từ một phần tư độ dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết. Nếu cỡ hạt trung bình của TiN không dưới 2 micromet, sự phá hủy được bắt đầu ở ranh giới giữa các titan nitrua dạng hình chữ nhật và nền, và góc uốn có thể dưới 60° .

Ở ngoài các vùng này, cũng có nguy cơ khởi đầu sự phá hủy do sự có mặt của các sulfua kéo dài: các thành phần này có thể có mặt khi hàm lượng lưu

huỳnh đủ cao để kết hợp, chủ yếu là với mangan, dưới dạng các kết tủa thô. Do chúng có độ dẻo cao ở nhiệt độ cao, nên chúng dễ dàng bị kéo dài bởi việc cán nóng và trong quá trình biến dạng nóng trong quá trình tăng cứng bằng cách ép. Do vậy, khi độ dài trung bình của các sulfua lớn hơn 120 micromet ở các vùng bên ngoài (tức là, từ một phần tư độ dày đến bề mặt gần nhất), ứng suất phá hủy có thể dưới 0,50 do sự khởi đầu dễ uốn trên các sulfua này.

Chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này có thể không được phủ hoặc tùy ý được phủ. Lớp phủ có thể là hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Lớp phủ này cũng có thể là hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Theo một phương án cụ thể, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế có độ dày không đồng nhất mà thay đổi. Mức chênh lệch về độ dày giữa phần dày nhất của tấm và phần mỏng nhất của tấm có thể lên tới 50% độ dày của phần dày nhất.

Do vậy, có thể đạt được mức độ bền cơ học được mong muốn ở những vùng chịu nhiều ứng suất ngoài nhất, và giảm trọng lượng ở những vùng khác của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này, do vậy góp phần làm giảm trọng lượng phương tiện. Cụ thể, các chi tiết có độ dày không đồng nhất có thể được tạo ra từ các tấm có độ dày thay đổi, được sản xuất bằng cách cán đàn hồi liên tục. Do vậy, nằm trong các điều kiện theo sáng chế, có thể sản xuất một cách có lợi các chi tiết của xe có độ dày thay đổi như các thanh ray trước và sau, các bộ phận ngang của ghế ngồi, các phần cong dạng ống, các trụ, các bộ phận ngang của bảng điều khiển, hoặc các vành nẹp cửa.

Chi tiết được tăng cứng bằng cách ép như vậy có độ dày thay đổi được đặc biệt tạo ra từ thép tấm theo sáng chế có độ dày thay đổi.

Tiếp theo, quy trình sản xuất thép tấm và chi tiết được tăng cứng bằng cách ép sẽ được giải thích.

Một bán thành phẩm ở dạng tấm đúc hoặc thỏi đúc, mà có thể được cán nóng tiếp được tạo ra với thành phần thép đã nêu trên. Độ dày của bán thành phẩm này thường là nằm trong khoảng từ 50 đến 250mm.

Tốt hơn, nếu bán thành phẩm này được nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1200 đến 1300°C, được cán nóng để tạo ra thép tấm cán nóng, và được cuộn ở nhiệt độ T_{coil} .

Nhiệt độ cuộn T_{coil} không được lớn hơn 550°C, nếu không thì sự kết tủa quá quan trọng của các niobi cacbonitrua xảy ra, gây ra sự hoá cứng và làm tăng các khó khăn cho bước cán nguội tiếp theo. Khi T_{coil} không vượt quá 550°C, thì ít nhất là 50% niobi tự do nằm lại trong thép tấm. Ngoài ra, nhiệt độ cuộn được giới hạn ở mức 550°C để hạn chế sự oxy hoá chọn lọc nội tại.

Tốt hơn, nếu nhiệt độ cuộn ít nhất là 20°C, tốt hơn nữa ít nhất là 350°C.

Trong khi cuộn, mangan phân hoá vào austenit, do vậy làm giàu và làm ổn định austenit.

Ở giai đoạn này, độ dày của thép tấm cán nóng có thể thường là nằm trong khoảng 1,5 tới 5mm.

Thép tấm cán nóng đã được tạo ra như vậy có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

5% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Ở giai đoạn này, thép tấm cán nóng có năng lượng Charpy rất cao, nói chung là lớn hơn 60 J/cm² ở 25°C.

Đối với các ứng dụng trong đó độ dày cuối được mong muốn nằm trong khoảng này, thì các thép tấm cán nóng này có thể được sử dụng luôn như vậy để sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, như được mô tả dưới đây, hoặc được ủ và được phủ với quy trình được mô tả dưới đây nếu chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có lớp phủ cần được sản xuất.

Đối với các ứng dụng trong đó độ dày thấp là được mong muốn, đặc biệt là nằm trong khoảng 0,7-2,5mm, thép tấm cán nóng được tẩy trong các điều kiện thông thường và được cán nguội tiếp.

Nhằm tạo ra phần kết tinh lại nhiều trong khi ủ tiếp, tỷ lệ cán nguội thường là nằm trong khoảng từ 30% đến 80%.

Tỷ lệ cán nguội được xác định theo cách sau: nếu t_0 là độ dày của thép tấm trước khi cán nguội, và t_f là độ dày của thép tấm sau khi cán nguội, thì tỷ lệ cán nguội sẽ là : $(t_0 - t_f)/t_0$.

Ở giai đoạn này, tức là, ngay sau khi cán nguội, thép tấm cán nguội có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

5% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Tốt hơn là, sau khi cán nóng và trước khi cán nguội, thép tấm cán nóng này được ủ từng mẻ để làm giảm độ cứng của thép tấm cán nóng và do đó cải thiện khả năng dễ cán nguội của nó và giảm nguy cơ nứt mép trong quá trình cán nguội tiếp theo.

Ví dụ, thép tấm cán nóng này được ủ từng mẻ ở nhiệt độ ủ mẻ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C, và được giữ ở nhiệt độ này trong thời gian ủ mẻ t_{HBA} nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 20 giờ.

Sau khi cán nóng (nếu thép tấm được cán nóng và phủ lót cần được sản xuất), hoặc sau khi cán nguội, thép tấm đã được cán, tức là, thép tấm cán nóng hoặc cán nguội, tiếp đó tùy ý được ủ.

Việc ủ được ưu tiên thực hiện nếu thép tấm đã được cán là thép tấm cán nguội, sau khi cán nguội. Thực vậy, việc ủ được thực hiện trong trường hợp như vậy để đạt được sự tái kết tinh của các hạt. Cụ thể, nhờ sự tái kết tinh này, độ phẳng của thép tấm sau khi ủ là đặc biệt tốt, cho phép có thể tạo ra các tấm hoặc các phôi có thể được hàn bằng cách hàn bằng laze. Thực vậy, việc hàn bằng laze đòi hỏi các phôi phải có dung sai độ phẳng nghiêm ngặt, nếu không thì các khuyết tật hình học có thể xuất hiện trong khi hàn do các khe hở.

Nếu thép tấm đã được cán là thép tấm cán nóng, sự tái kết tinh như vậy là không nhất thiết, và thép tấm cán nóng được cắt để tạo ra phôi và được tạo hình nóng như được mô tả dưới đây mà không cần ủ bất kỳ.

Tuy nhiên, nếu mong muốn tạo ra thép tấm cán nóng hoặc cán nguội được phủ bằng cách nhúng nóng trong bể, thì thép tấm cán nóng hoặc cán nguội này trong trường hợp bất kỳ đều được ủ sau khi cuộn in preparation for lớp phủ.

Nói theo cách khác, việc ủ tùy ý được thực hiện nếu thép tấm cán nóng hoặc cán nguội chưa được phủ cần được sản xuất.

Trái lại, việc ủ, cho dù thép tấm được cán nóng hay được cán nguội, thì trong mọi trường hợp đều được thực hiện nếu thép tấm được phủ nhúng nóng cần được sản xuất.

Trong mọi trường hợp (tức là, cho dù tấm này là tấm được cán nóng hay tấm cán nguội), thì việc ủ được thực hiện bằng cách nung nóng thép tấm tới nhiệt độ ủ T_A cao hơn hoặc bằng 650°C , giữ thép tấm này ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A từ 30 giây đến 600 giây, tiếp đó làm nguội thép tấm này để tạo ra thép tấm đã được ủ có cấu trúc gồm, trong phần bề mặt:

- dưới 50% ferit,
 - từ 1% tới 20% austenit tồn dư, austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình cao hơn hoặc bằng $1,1 * \text{Mn}\%$,
 - xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,
- phần bù chứa mactensit.

Thép tấm này có thể được làm nguội luôn tiếp từ nhiệt độ ủ T_A xuống nhiệt độ trong phòng, hoặc có thể được xử lý ram nhiệt, trong khi làm nguội và/hoặc được phủ nhúng nóng trong bể, như được giải thích một cách chi tiết hơn dưới đây.

Theo một phương án, thép tấm nói chung là thép tấm cán nguội, nhiệt độ ủ T_A lớn hơn A_{e3} , để đạt được sự tái kết tinh hoàn toàn. A_{e3} là nhiệt độ chuyển hoá cân bằng, trên mức này austenit hoàn toàn ổn định.

Theo phương án này, cấu trúc của thép tấm, sau khi làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng, mặc dù không bao gồm ferit nhưng vẫn bao gồm một lượng lớn mactensit mới, có độ cứng cao.

Do đó, theo phương án này, thép tấm được ưu tiên xử lý ram nhiệt sau khi ủ để tạo điều kiện thuận lợi cho việc cắt tiếp tấm này để tạo ra phôi.

Việc xử lý ram nhiệt, ví dụ, được thực hiện sau khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , và trước khi phủ nhúng nóng tùy ý.

Ví dụ, việc xử lý ram nhiệt này được thực hiện bằng cách làm nguội thép tấm từ nhiệt độ ủ T_A , sau khi giữ trong thời gian ủ t_A , xuống nhiệt độ nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến $M_s-100^\circ\text{C}$, tiếp đó nung nóng lại thép tấm tới nhiệt độ ram T_t nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C và giữ ở nhiệt độ này trong thời gian từ 10 giây đến 600 giây. M_s là nhiệt độ mà ở đó sự chuyển hóa thành mactensit bắt đầu khi làm nguội.

Sau khi giữ ở nhiệt độ ram T_t , thép tấm này tiếp đó hoặc là được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng, hoặc được phủ nhúng nóng trong bể trước khi được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng, như được mô tả một cách chi tiết hơn dưới đây.

Theo một phương án khác, thép tấm này là thép tấm cán nóng hoặc thép tấm cán nguội, nhiệt độ ủ T_A nằm trong khoảng từ 650°C đến A_{e3} , A_{e3} là the nhiệt độ chuyển hoá cân bằng, trên mức này austenit hoàn toàn ổn định. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ biết rõ cách thức để xác định A_{e3} bởi việc tính toán nhiệt động hoặc thông qua các thử nghiệm bao gồm việc nung nóng và giữ đẳng nhiệt.

Theo phương án này, cấu trúc của thép tấm ở nhiệt độ ủ T_A , và sau khi giữ ở nhiệt độ ủ, không hoàn toàn là austenit mà sẽ bao gồm cả ferit.

Trong khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , việc phân hóa mangan vào austenit được hoàn tất.

Theo phương án này, sau khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , thép tấm này là, ví dụ, ngay lập tức được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng, hoặc được phủ nhúng nóng, tiếp đó được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng, như được mô tả một cách chi tiết hơn ở dưới.

Thực vậy, nhiệt độ ủ T_A là thấp hơn Ae_3 , thép tấm đã được ủ đã được tạo ra như vậy có cấu trúc bao gồm ferit, nhờ đó thép tấm đã được ủ này có thể dễ dàng cắt được để tạo ra phôi sau khi làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng.

Tuy nhiên, nếu cần, tùy thuộc vào độ cứng của thép tấm này, việc xử lý ram nhiệt đã nêu trên có thể được thực hiện để tạo điều kiện thuận lợi cho việc cắt tiếp thép tấm này để tạo ra phôi.

Sau khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , cho dù cao hơn hay thấp hơn Ae_3 , và việc xử lý ram nhiệt tùy ý, thì các bước tiếp theo của quy trình vẫn tùy thuộc vào dạng thép tấm cần được sản xuất:

- nếu thép tấm không có lớp phủ cần được sản xuất, thì thép tấm này được làm nguội từ nhiệt độ ủ T_A hoặc từ nhiệt độ ram T_t xuống nhiệt độ trong phòng,

- nếu thép tấm có lớp phủ lót cần được sản xuất, thì thép tấm đã được ủ được làm nguội từ nhiệt độ ủ T_A , từ nhiệt độ ram T_t , nếu có thể áp dụng được (tức là, nếu nhiệt độ ram không bằng với nhiệt độ lớp phủ lót được mong muốn), xuống nhiệt độ phủ lót T_{pc} , tiếp đó được phủ lót lớp phủ lót kim loại bằng cách phủ nhúng nóng liên tục trong bể, tiếp đó được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng.

Nhiệt độ phủ lót T_{pc} là xấp xỉ nhiệt độ T_{bm} của bể dung dịch phủ lót, nhằm tránh sự đoạn nhiệt của bể dung dịch phủ. Vì lý do đó, nhiệt độ lớp phủ lót T_{pc} được ưu tiên nằm trong khoảng từ $T_{bm}-10^\circ\text{C}$ đến $T_{bm}+50^\circ\text{C}$.

Nếu lớp phủ lót được mong muốn là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, thép tấm này được nhúng nóng liên tục trong bể ở nhiệt độ nằm trong khoảng 650 từ 680°C , nhiệt độ chính xác tùy thuộc vào thành phần của hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Lớp phủ lót được ưu tiên là Al-Si mà được tạo ra bằng cách nhúng nóng thép tấm trong bể có thành phần bao gồm, tính theo khối lượng, 5% tới 11% Si, 2% tới 4% Fe, tùy ý 0,0015 tới 0,0030% Ca, phần còn lại là Al và các tạp chất.

Sau đó thép tấm này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Tùy ý, tấm có lớp phủ lót Al, trên cơ sở Al, hoặc hợp kim Al được xử lý nhiệt tiếp, ở nhiệt độ và trong thời gian được chọn để tạo ra lớp phủ lót chứa ít nhất một lớp

liên kim loại chứa Al và sắt, và tùy ý silic, và không chứa Al tự do, hay pha $\tau 5$ có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$ hay pha $\tau 6$ có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

Nếu lớp phủ lót được mong muốn là kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm, thì thép tấm được phủ nhúng nóng trong bể ở nhiệt độ khoảng 460°C , nhiệt độ chính xác tùy thuộc vào thành phần của hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm. Lớp phủ lót này có thể được mạ nhúng nóng hoặc mạ kẽm liên tục, tức là, bao gồm việc xử lý nhiệt ngay sau khi mạ nhúng nóng ở khoảng $450\text{-}520^\circ\text{C}$ để tạo ra lớp phủ lót chứa 7-11%Fe. Lớp phủ lót được tạo ra bằng cách mạ hường chứa 0,25-0,70% Al, 0,01-0,1% Fe, lượng còn lại là kẽm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất. Lớp phủ lót được tạo ra bằng cách mạ kẽm này thường bao gồm 0,15-0,4% Al, 6-15% Fe, lượng còn lại là kẽm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất.

Lớp phủ lót có thể là hợp kim kẽm-nhôm-magie chứa 1-15% Al, 0,5-5% Mg, 0,01-0,1% Fe, lượng còn lại là kẽm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất. Lớp phủ lót cũng có thể là hợp kim chứa 4-6% Al, 0,01-0,1% Fe, lượng còn lại là kẽm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất.

Lớp phủ lót cũng có thể là hợp kim nhôm-kẽm chứa 40-45% Zn, 3-10% Fe và 1-3% Si, lượng còn lại là nhôm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất.

Tùy ý, quy trình phủ lót kim loại có thể bao gồm việc kết lắng hai lớp, sao cho lớp phủ lót kim loại có một lớp là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, được trùm bên trên bởi lớp kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm. Lớp này, ví dụ, được kết lắng bằng cách điện phân hoặc bằng cách kết lắng chân không: PVD (mạ bốc hơi vật lý) và/hoặc CVD (mạ bốc hơi hoá học).

Thép tấm đã được ủ đã được tạo ra như vậy, nó có thể được cán nóng hoặc được cán nguội, và nó có thể đã được phủ hoặc chưa được phủ, có cấu trúc gồm:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60 nm là thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

Theo một phương án, nhiệt độ ủ TA là lớn hơn Ae₃, cấu trúc không bao gồm ferit.

Ngoài ra, nếu thép tấm có lớp phủ lót cần được tạo ra, thì tốt hơn nếu việc ủ được thực hiện để tạo ra, sau khi hoàn thành quá trình ủ, lớp khử silic của bề mặt của thép tấm bên trên độ sâu p_{50%} nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, p_{50%} là độ sâu mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần của thép.

Cuối cùng là, môi trường ủ trong dây chuyền ủ liên tục hoặc phủ nhúng nóng liên tục trong khi nung nóng và giữ, ví dụ, nằm trong các khoảng sau:

- H₂ từ 2% thể tích tới 10% thể tích, phần còn lại là N₂ và các tạp chất khó tránh khỏi, có điểm ngưng tụ nằm trong khoảng từ -15°C đến +60°C.

Sự khử silic cũng có thể được tạo ra bằng cách cấp lượng dư O₂ trong môi trường ủ.

Điều đó có thể được đảm bảo:

- hoặc là bằng cách phân vùng nung nóng và giữ, hoặc bằng cách tạo ra một phần của khu vực nung nóng và khu vực giữ nhiệt bằng môi trường bao gồm 0,05 % thể tích tới 6% thể tích O₂, phần còn lại là N₂ và các tạp chất khó tránh khỏi có điểm ngưng tụ nằm trong khoảng từ -60°C đến +60°C.

- hoặc là bằng cách chuyển qua lò ngọn lửa trực tiếp trong bước nung nóng nơi mà môi trường là sản phẩm cháy của hỗn hợp gồm không khí và khí tự nhiên hoặc nhiên liệu, với tỷ lệ không khí so với khí tự nhiên nằm trong khoảng từ 1 đến 1,2,

- hoặc là bởi quy trình khác bất kỳ cung cấp hàm lượng O₂ tương đương với các thành phần nêu trên trong khu vực nung nóng và/hoặc giữ, hoặc một phần của khu vực nung nóng hoặc giữ.

Tiếp theo, quy trình sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép từ thép tấm theo sáng chế sẽ được mô tả.

Như đã giải thích ở trên, thép tấm theo sáng chế có thể là thép tấm cán nóng chưa được ủ, thép tấm đã được cán nóng, ủ, và phủ lớp lót, thép tấm cán

nguội chưa được ủ, thép tấm đã được cán nguội và ủ, hoặc thép tấm đã được cán nguội, ủ và phủ lớp lót.

Đầu tiên, thép tấm được cắt theo một hình dạng định trước để tạo ra phôi phẳng, dạng hình học của nó được xác định liên quan tới dạng hình học cuối của chi tiết đã định.

Tùy ý, trước khi nung nóng và tạo hình bằng cách dập nóng phôi, phôi này được tạo hình nguội để tạo ra phôi đã làm biến dạng trước. Việc làm biến dạng nguội trước này, nhằm mục đích làm cho phôi này ít nhiều giống với hình dạng cuối của chi tiết được mong muốn, cho phép có thể làm giảm mức độ biến dạng trong bước tạo hình nóng tiếp theo.

Tiếp đó, phôi, dạng phẳng hoặc đã được làm biến dạng nguội trước, được nung nóng tới nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 800 đến 950°C. Việc nung nóng này được thực hiện trong thiết bị nung nóng, ví dụ, lò nung. Phương tiện nung nóng không bị giới hạn và có thể là sự bức xạ, sự cảm ứng, hoặc bằng điện trở. Phôi đã nung nóng này được giữ ở nhiệt độ T_m trong thời gian t_m từ 60 giây đến 600 giây. Các khoảng nhiệt độ-thời gian này cho phép có thể tạo ra, khi kết thúc quá trình giữ ở nhiệt độ T_m , cấu trúc bao gồm 70% tới 100% austenit, và tối đa 30% ferit.

Nếu nhiệt độ T_m thấp hơn 800°C, thì cấu trúc cuối của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này bao gồm một phần quá cao của của ferit, đặc biệt là lớn hơn 30%, khiến cho độ bền kéo TS ít nhất là 1300MPa không thể đạt được. Thời gian giữ t_m ở nhiệt độ T_m thấp hơn 60 giây cũng có thể dẫn đến việc có một phần quá cao của của ferit trong chi tiết thành phẩm, và có độ bền kéo thấp hơn 1300MPa.

Nếu nhiệt độ T_m lớn hơn 950°C và/hoặc thời gian giữ t_m lâu hơn 600 giây, thì bước nung nóng và giữ có thể dẫn đến làm thô quá mức các hạt austenit khi nung nóng, dẫn đến làm giảm độ bền kéo và giới hạn chảy của chi tiết thành phẩm.

Hơn nữa, nếu phôi được phủ lót, việc gia nhiệt và giữ này gây ra sự khếch tán xen kẽ của lớp phủ lót với nền thép. Thuật ngữ “lớp phủ lót” được dùng để chỉ hợp kim trước khi nung nóng, và thuật ngữ “lớp phủ” mà lớp hợp kim được tạo ra

trong khi nung nóng ngay trước khi dập nóng. Do đó, việc xử lý nhiệt trong lò nung làm biến đổi bản chất của lớp phủ lót và dạng hình học của nó bởi vì độ dày của lớp phủ cuối lớn hơn độ dày của lớp phủ lót. Lớp phủ được tạo ra bằng cách hợp kim hóa bảo vệ cho thép nằm dưới không bị oxy hóa và không bị khử silic thêm và là thích hợp cho việc tạo hình nóng tiếp sau, đặc biệt là trong máy dập nổi. Sự hợp kim hóa xảy ra trên toàn bộ độ dày của lớp phủ. Tùy thuộc vào thành phần của lớp phủ lót, một hoặc nhiều pha liên kim loại được tạo ra bởi sự khuếch tán xen kẽ trong lớp hợp kim này và/hoặc hợp kim ở dạng dung dịch rắn. Sự giàu sắt của lớp phủ dẫn đến sự gia tăng nhanh chóng điểm nóng chảy của nó[s. Lớp phủ được tạo ra cũng có ưu điểm là nó tuân thủ và thích hợp với các công đoạn tạo hình nóng có thể có và làm nguội nhanh sau đó. Do vậy, trong khi nung nóng, các pha liên kim loại được tạo ra nhất thời hoặc vĩnh viễn bởi sự khuếch tán xen kẽ, có lợi cho sự biến dạng tiếp theo trong máy dập nóng và ngăn sự khử silic và oxy hóa bề mặt của thép.

Sau bước nung nóng và giữ, phôi đã nung nóng được chiết ra từ thiết bị nung nóng. Phôi đã nung nóng này được chuyển vào máy dập tạo hình.

Nhờ khả năng dễ tôi cao của thép, sự chuyển hóa austenit thành ferit đa giác không xảy ra trong quá trình chuyển này, nhờ đó thời gian chuyển D_t không cần giới hạn ở một trị số thấp để tránh sự chuyển hóa như vậy. Tất nhiên, thời gian chuyển D_t trong trường hợp bất kỳ vẫn phải được giới hạn nhằm tránh làm giảm nhiệt độ của phôi xuống dưới nhiệt độ tạo hình nóng đã định. Nhiệt độ tạo hình nóng nói chung ít nhất là 450°C .

Phôi đã nung nóng sau đó được tạo hình nóng trong máy dập tạo hình, để tạo ra chi tiết đã được tạo hình. Trong bước tạo hình, hình thái và mức độ biến dạng sẽ khác nhau từ nơi này sang nơi khác do dạng hình học của chi tiết thành phẩm và của các dụng cụ tạo hình. Ví dụ, một số vùng có thể giãn nở, trong khi các vùng còn lại bị biến dạng hạn chế. Cho dù có hình thái biến dạng bất kỳ, thì giá trị biến dạng tương đương ε_b vẫn có thể được xác định ở mỗi vị trí của chi tiết

được tăng cứng bằng cách ép này, theo công thức $\varepsilon_b = \frac{2}{\sqrt{3}} \sqrt{(\varepsilon_1^2 + \varepsilon_1 \varepsilon_2 + \varepsilon_2^2)}$, trong đó ε_1 và ε_2 là các giá trị biến dạng cơ bản. Do vậy, ε_b thể hiện giá trị biến dạng

được sinh ra bởi quy trình tạo hình nóng trong mỗi vùng của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này.

Ví dụ, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có ít nhất một vùng biến dạng nóng thứ nhất với giá trị biến dạng tương đương ε_b lớn hơn 0,15, và ít nhất một vùng thứ hai đã được trải qua cùng một chu trình làm nguội trong quá trình tăng cứng bằng cách ép như vùng biến dạng nóng thứ nhất, trong đó giá trị biến dạng tương đương ε_b thấp hơn 0,05.

Chi tiết này tiếp đó được giữ trong dụng cụ dập của máy dập tạo hình để đảm bảo tốc độ làm nguội thích hợp và để tránh sự biến dạng của chi tiết do co ngót và sự chuyển pha.

Chi tiết này chủ yếu nguội do sự truyền nhiệt của các dụng cụ dập. Các dụng cụ này có thể có sự tuần hoàn của chất làm mát để tăng tốc độ làm nguội, hoặc các hộp gia nhiệt để làm giảm tốc độ làm nguội. Do vậy, tốc độ làm nguội có thể được điều chỉnh thông qua các thức như vậy. Tuy nhiên, do khả năng dễ tôi tốt của thép, nên tốc độ làm nguội không nhất thiết phải điều chỉnh tới một trị số cao để đạt được sự chuyển hóa của austenit thành mactensit khi làm nguội xuống thấp hơn M_s .

Để tạo ra chi tiết được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, chi tiết đã được tạo hình được làm nguội xuống nhiệt độ dừng làm nguội T_C thấp hơn $M_s - 100^\circ\text{C}$, để có được sự chuyển hóa của austenit thành mactensit.

Theo một phương án, nhiệt độ dừng làm nguội T_C là nhiệt độ trong phòng, ví dụ, nằm trong khoảng từ 20°C đến 30°C .

Chi tiết đã được tạo hình này tiếp đó được nung nóng lại từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C , và được duy trì ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} nằm trong khoảng từ 10 giây đến 600 giây, ví dụ, nằm trong khoảng từ 10 giây đến 120 giây.

Tốt hơn, nếu nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 450°C .

Trong bước giữ này, sự phân hóa cacbon từ mactensit sang austenit, nhờ đó làm giàu và làm bền austenit và ram mactensit xảy ra.

Chi tiết đã được tạo hình này tiếp đó được làm nguội từ nhiệt độ xử lý sau T_{PT} xuống nhiệt độ trong phòng, để tạo ra chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép.

Việc làm nguội này, ví dụ, được thực hiện trong không khí. Trong quá trình làm nguội này, phần austenit có thể biến đổi thành mactensit mới. Tuy nhiên, nhờ sự ổn định của austenit, đặc biệt là nhờ cacbon, phần mactensit mới được tạo ra sẽ thấp hơn 5%.

Chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép đã được tạo ra như vậy có vi cấu trúc gồm, chiếm phần lớn của chi tiết này, trong phần bề mặt:

- ít nhất 50% mactensit đã bị phân hóa,
- dưới 30% ferit,
- ít nhất 2% austenit tồn dư,
- xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$, và
- tối đa 5% mactensit mới.

Mactensit đã bị phân hóa có hàm lượng C trung bình thấp hơn hàm lượng C danh định trong thép (tức là, hàm lượng C trung bình của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép), hàm lượng thấp này là do việc phân hóa của cacbon từ mactensit sang austenit trong khi giữ ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} .

Austenit tồn dư có hàm lượng C trung bình ít nhất là 0,5%, hàm lượng cao này cũng do việc phân hóa của cacbon từ mactensit sang austenit trong khi giữ ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} .

Nói chung, austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình lớn hơn $1,1 \cdot \text{Mn}\%$.

Nói chung, các hạt ferit, nếu có, có cỡ hạt trung bình tối đa $1,5\mu\text{m}$.

Các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép được tạo ra theo phương pháp nêu trên có độ dày mà thường là nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

Các tác giả sáng chế đã tìm ra phương pháp tạo ra độ dẻo cao trong các vùng của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép trong đó sự tập trung ứng suất cao có khả năng xuất hiện trong quá trình sử dụng chi tiết này : khi các vùng trong

máy dập tạo hình bị biến dạng với giá trị biến dạng tương đương ε_b lớn hơn 0,15, thì cấu trúc của các vùng bị biến dạng này sẽ mịn hơn.

Cụ thể, các tác giả sáng chế đã so sánh các vùng không bị biến dạng hoặc có biến dạng ít (các vùng biến dạng ít có $\varepsilon_b < 0,05$) với các vùng có sự biến dạng ở mức lớn hơn 0,15. Độ cứng của các vùng bị biến dạng (bị kéo căng) nhiều, thường là cao hơn ít nhất là 15 HV1 (HV1 là độ cứng Vickers đo được với tải trọng 1kg lực) so với các vùng không bị biến dạng hoặc biến dạng ít trong chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này.

Tuy nhiên, sự tăng độ cứng này ít nhất được bù đắp bởi sự giảm kích thước của dải mactensit.

Các tác giả sáng chế đã xác định độ rộng dải mactensit trung bình (đã phân hóa và mới, nếu có) trong các vùng bị biến dạng không nhiều thì ít. Sau khi phân tích EBSD để xác định vi cấu trúc, độ rộng dải được xác định bởi phương pháp điểm đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này. Điều đã được chứng tỏ là việc áp dụng giá trị biến dạng tương đương lớn hơn 0,15 làm giảm độ rộng dải trung bình trên 15%, so với các vùng có biến dạng ít. Việc giảm độ rộng dải này làm tăng khả năng chống sự khởi đầu nứt thực và lan truyền. Nói chung, trong các vùng mà trong đó sự biến dạng do tác động lớn hơn 0,15, thì độ rộng dải mactensit trung bình thấp hơn $0,65\mu\text{m}$. Bằng cách so sánh, độ rộng dải mactensit trung bình trong các vùng có biến dạng ít nói chung là lớn hơn $0,75\mu\text{m}$.

Ngoài ra, điều đã được chứng tỏ là việc tác động một giá trị biến dạng tương đương lớn hơn 0,15 làm thay đổi sự phân bố kích thước của dải mactensit, so với các vùng có biến dạng ít.

Cụ thể, tỷ lệ của các dải mactensit có độ rộng nhỏ hơn $0,8\mu\text{m}$ trong các vùng bị biến dạng nhiều ít nhất là cao hơn 35% so với ở các vùng bị biến dạng ít.

Kích thước dải mactensit thấp này đặc biệt cho phép làm tăng độ dai.

Do vậy, việc kết hợp thành phần của thép với các tham số tăng cứng bằng cách ép, cho phép có thể đạt được độ dẻo cao ở các vùng đã định của các chi tiết. Trong các ứng dụng ô tô, các chi tiết đã được tạo hình thể hiện tính dẻo cao trong trường hợp có va chạm.

Một khía cạnh khác của sáng chế là đề xuất phôi thép hàn bằng laze được phủ lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, và chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép được phủ lớp phủ hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Phôi thép hàn bằng laze bao gồm ít nhất là phôi thép thứ nhất, được tạo ra từ thép tấm theo sáng chế và được phủ lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, phôi thép thứ hai, cũng được phủ lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, và mối hàn laze liên kết phôi thứ nhất với phôi thứ hai. Các phôi thép này có thể có cùng thành phần hoặc có thành phần khác nhau, và có cùng độ dày hoặc có độ dày khác nhau. Trong trường hợp có thành phần khác nhau, điều đã được chứng tỏ là hàm lượng cacbon của phôi thép thứ hai cần phải nằm trong khoảng từ 0,04% đến 0,38% khối lượng, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,065% đến 0,38%, nhằm tạo ra mối hàn có các đặc tính độ dẻo được mong muốn.

Ví dụ, phôi thép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,04\% \leq C \leq 0,38\%,$$

$$0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%,$$

$$0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%,$$

$$0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%,$$

$$0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%,$$

$$\text{Mo} \leq 0,65\%,$$

$$\text{Ni} \leq 2\%,$$

$$0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%,$$

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

$$\text{B} \leq 0,010\%,$$

$$0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%,$$

$$0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%,$$

$$0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%,$$

$$\text{W} \leq 0,30\%,$$

$$\text{Ca} \leq 0,006\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Tốt hơn là, hàm lượng C ít nhất là 0,065%.

Theo phương án thứ nhất, phôi thép thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,04\% \leq C \leq 0,100\%$, $0,80\% \leq Mn \leq 2,0\%$, $0,005\% \leq Si \leq 0,30\%$, $0,010\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 0,10\%$, $0,001\% \leq Ni \leq 0,10\%$, $0,03\% \leq Ti \leq 0,08\%$, $0,015\% \leq Nb \leq 0,1\%$, $0,0005\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,030\%$, $Mo \leq 0,10\%$, $Ca \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Theo phương án thứ hai, phôi thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,065\% \leq C \leq 0,095\%$, $1,4\% \leq Mn \leq 1,9\%$, $0,2\% \leq Si \leq 0,5\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 0,1\%$, trong đó $1,5\% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7\%$, $3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$, $0,04\% \leq Nb \leq 0,06\%$, trong đó $0,044\% \leq (Nb + Ti) \leq 0,09\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$ và tùy ý $0,0001\% \leq Ca \leq 0,006\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Theo phương án thứ ba, phôi thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,15\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,5\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,10\% \leq Si \leq 0,5\%$, $0,005\% \leq Al \leq 0,1\%$, $0,01\% \leq Cr \leq 1\%$, $0,001\% \leq Ti \leq 0,2\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,010\%$, $0,0005\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,05\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,1\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Theo phương án thứ tư, phôi thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,10\% \leq Si \leq 0,70\%$, $0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 2\%$, $0,25\% \leq Ni \leq 2\%$, $0,015\% \leq Ti \leq 0,1\%$, $0\% \leq Nb \leq 0,06\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$, $0,003\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$, các hàm lượng của Ti và N thỏa mãn mỗi quan hệ sau: $Ti/N > 3,42$, các hàm lượng của C, mangan, Cr và Si thỏa mãn mỗi quan hệ sau: $2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$, thành phần hoá học này tùy bao gồm một trong số một vài nguyên tố sau: $0,05\% \leq Mo \leq 0,65\%$, $0,001\% \leq W \leq 0,30\%$, $0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Theo phương án thứ năm, phôi thép thứ hai có thành phần theo sáng chế, bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng: $0,15\% \leq C \leq 0,22\%$, $3,5\% \leq Mn < 4,2\%$, $0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$, $0,001\% \leq Cr \leq 1\%$, $0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$, $0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$, $0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$, tùy ý $0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%$, lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Phôi thép hàn bằng laze được tạo ra bằng cách cắt thép tấm theo sáng chế và được phủ lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, để tạo ra phôi thứ nhất, cắt thép tấm, mà nó là, ví dụ, thép tấm theo sáng chế, cũng được phủ lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm để tạo ra phôi thứ hai. Ví dụ, phôi thứ hai có thành phần như nêu trên, và tốt hơn là theo phương án bất kỳ trong số các phương án thứ nhất, thứ hai, thứ ba, thứ tư hoặc thứ năm.

Các phôi thứ nhất và thứ hai này được hàn dọc theo một cạnh trong số các cạnh chu vi tương ứng của chúng. Nhờ có hàm lượng cao của Mn trong thành phần của thép theo sáng chế, không cần phải khắc mòn toàn bộ lớp phủ lót của các mặt trên và dưới của các phôi này trước khi hàn. Ví dụ, ít nhất một mặt của một trong số các phôi này không được khắc mòn, hoặc không được khắc mòn toàn bộ lớp phủ lót.

Quả thực, hiệu ứng mở rộng vùng gama (gammageneous) của Mn trong thép và tức là trong mối hàn tương quan với ảnh hưởng của Al trong mối hàn, do việc làm nóng chảy lớp phủ lót và sự hợp nhất của lớp phủ lót đã nóng chảy trong mối hàn này.

Do đó, theo sáng chế, việc khắc mòn toàn bộ lớp phủ lót của các mặt trên và dưới của các phôi này không được thực hiện trước khi hàn.

Do vậy, sau khi hàn, các lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm của các phôi thứ nhất và thứ hai phủ lên vùng lân cận sát cạnh của mối hàn laze trên ít nhất một mặt của các phôi thép thứ nhất và thứ hai.

Phôi đã được hàn laze đã được tạo ra như vậy tiếp đó có thể được tạo hình nóng và được tăng cứng bằng cách ép trong các điều kiện nêu trên, mà không có

nguy cơ bị nứt trong khi tạo hình nóng. Chi tiết được tăng cứng bằng cách ép đã được tạo ra như vậy, trong đó kim loại hàn và các phôi thứ nhất và thứ hai đã được tăng cứng bằng cách ép trong cùng một công đoạn, thể hiện các đặc tính độ dẻo và độ bền cơ học cao. Cụ thể, mỗi hàn laze đã được tăng cứng bằng cách ép liên kết chi tiết được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất, thu được từ việc tạo hình nóng phôi thứ nhất, và chi tiết được tăng cứng bằng cách ép thứ hai, thu được từ việc tạo hình nóng phôi thứ hai, có cấu trúc chứa tối đa 15% ferit.

Ngoài ra, do sự khắc mòn như vậy đối với toàn bộ lớp phủ lót của các mặt trên và dưới của các phôi này không được thực hiện trước khi hàn, nên chi tiết được tăng cứng bằng cách ép cần sao cho, trên ít nhất một mặt của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai, độ dày của lớp phủ trong vùng bị tác động nhiệt là giống như độ dày của lớp phủ trong phần còn lại của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai.

Một khía cạnh khác của sáng chế là đề xuất cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở. Chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất là theo sáng chế, và chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có thể là theo sáng chế hoặc có thành phần khác. Cụ thể, các chi tiết thứ nhất và thứ hai này có thể có cùng thành phần hoặc có thành phần khác nhau, và có cùng độ dày hoặc có độ dày khác nhau.

Ví dụ, chi tiết thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,04\% \leq C \leq 0,38\%,$$

$$0,05\% \leq Mn \leq 4,2\%,$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%,$$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,9\%,$$

$$0,001\% \leq Cr \leq 2\%,$$

$$Mo \leq 0,65 \%,$$

$$Ni \leq 2\%,$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,2\%,$$

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

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

$$0,0005\% \leq N \leq 0,010\%,$$

$$0,0001\% \leq S \leq 0,05\%,$$

$$0,0001\% \leq P \leq 0,1\%,$$

$$W \leq 0,30\%,$$

$$Ca \leq 0,006\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi.

Tốt hơn là, hàm lượng C trong chi tiết thứ hai ít nhất là 0,065%.

Ví dụ, thành phần của chi tiết bằng thép thứ hai có thể phù hợp với thành phần theo phương án bất kỳ trong số các phương án thứ nhất, thứ hai, thứ ba, thứ tư hoặc thứ năm đã nêu trên liên quan đến phôi thứ hai.

Cụm hàn được sản xuất bằng cách tạo ra các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai, và hàn điểm điện trở các chi tiết bằng thép thứ nhất và thứ hai này.

Mỗi hàn điểm điện trở liên kết chi tiết thứ nhất với chi tiết thứ hai được đặc tả bởi độ bền cao trong thử nghiệm kéo ngang được xác định bởi trị số anpha ít nhất là 50 daN/mm², và hệ số bít ít nhất là 0,70.

Trong bản mô tả này, trị số anpha thể hiện cho tải trọng lớn nhất trong thử nghiệm kéo ngang chia cho đường kính mỗi hàn và độ dày. Nó là tải trọng được quy chuẩn cho việc hàn điểm điện trở được thể hiện bằng đơn vị daN/mm².

Hệ số bít là tỷ lệ của đường kính bít chia cho đường kính vùng nấu chảy (MZ). Hệ số bít càng thấp, độ dẻo của vùng nóng chảy càng thấp.

Nói chung, mức độ hóa mềm trong vùng bị tác động nhiệt, tức là mức chênh lệch giữa độ cứng Vickers của thép nền và độ cứng Vickers trong vùng bị tác động nhiệt, là thấp hơn 25% so với độ cứng Vickers của thép nền.

Một khía cạnh khác của sáng chế là đề xuất cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và chi tiết bằng thép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất là theo sáng chế, và chi tiết bằng thép thứ hai là chi tiết bằng thép được dập nóng hoặc được dập nguội, có độ bền kéo không cao hơn 2100MPa. Tốt

hơn là, chi tiết bằng thép thứ hai có hàm lượng C không cao hơn 0,38% và hàm lượng Mn không cao hơn 4,2%.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, sáng chế sẽ được minh hoạ bởi các ví dụ sau mà không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế.

Thép có thành phần theo Bảng 1, được biểu thị theo hàm lượng phần trăm khối lượng, được cung cấp dưới dạng các phiên thép. Nhiệt độ A_{e3} , được xác định bởi phép tính toán nhiệt động, được đưa ra trong Bảng 1 sau.

Bảng 1

Ref.	C (%)	Mn (%)	Si (%)	Al (%)	Cr (%)	Mo (%)	Nb (%)	B (%)	Ti (%)	N (%)	S (%)	P (%)	A_{e3} (°C)
I1	0,186	3,67	0,69	0,37	0,001	0,201	0,027	0,0013	0,026	0,0039	0,0011	0,01	790
I2	0,186	3,62	0,97	0,39	0,001	0,19	0,027	0,0020	0,025	0,0046	0,0010	0,009	800
I3	0,184	3,69	1,15	0,37	0,001	0,196	0,028	0,0018	0,026	0,0049	0,0011	0,01	805
I4	0,19	3,97	1,22	0,44	0,52	0,2	0,02	0,0018	0,04	0,0051	0,0012	0,009	845
I5	0,15	3,78	1,46	0,79	0,001	0,187	0,058	0,0003	0,001	0,003	0,001	0,009	780
I6	0,18	3,62	1,03	0,806	0,001	0,207	0,001	0,0014	0,023	0,005	0,001	0,014	770
I7	0,18	3,97	1,5	0,033	0,001	0,21	0,001	0,0028	0,016	0,003	0,0022	0,008	780
I8	0,164	3,650	0,634	0,388	0,015	0,211	0,027	0,0009	0,026	0,0057	0,0018	0,011	800
R1	0,218	<u>4,49</u>	1,5	0,019	0,047	0,002	0,001	0,0004	0,001	0,0021	<u>0,0049</u>	0,006	742
R2	<u>0,297</u>	<u>2,5</u>	1,5	<u>0,006</u>	0,001	-	-	-	-	0,0022	<u>0,0044</u>	0,001	790
R3	0,174	3,58	1	-	-	-	-	-	-	0,005	0,001	0,01	770
R4	<u>0,127</u>	<u>5</u>	0,47	<u>1,72</u>	0,003	0,001	0,015	0,0008	0,001	0,0022	<u>0,0045</u>	0,012	960
R5	0,22	<u>1,16</u>	0,26	0,03	0,17	0,001	0,001	0,003	0,035	0,005	0,001	0,012	810

Các phiên thép được nung nóng tới nhiệt độ T_h , cán nóng và cuộn ở nhiệt độ cuộn T_{coil} . Các tấm thép cán nóng này tiếp đó được tẩy, tùy ý được ủ mềm ở nhiệt độ ủ mềm T_{HBA} , với thời gian giữ t_{HBA} ở nhiệt độ T_{HBA} , được tẩy, tiếp đó được cán nguội với hệ số cán nguội r_{CR} để tạo ra thép tấm cán nguội có độ dày th .

Một số tấm thép cán nguội tiếp đó được ủ ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A . Một số tấm này được phủ lớp phủ Al-Si, bằng cách nhúng nóng trong bể có thành phần bao gồm, tính theo khối lượng, 5% tới 11% Si, 2% tới 4% Fe, tùy ý 0,0015 tới 0,0030% Ca, phần còn lại là Al và các tạp chất.

Các chế độ sản xuất (A, B...) của các tấm thép đã được ủ được tóm tắt trong Bảng 2 sau.

Bảng 2

	T_h (°C)	T_{coil} (°C)	T_{HBA} (°C)	t_{HBA} (giờ)	r_{CR} (%)	t_h (mm)	T_A (°C)	t_A (s)	Phủ lót
A	1250	450	620	5	60	1,25	780	60	-
B	1250	450	650	7	50	1,2	-	-	-
C	1250	450	600	7	50	1,2	-	-	-
D	1250	450	600	5	50	1,2	780	120	-
E	1250	<u>580</u>	-	-	50	1,5	830	60	Al-Si
G	1250	450	600	7	50	1,2	800	60	-
H	1250	450	600	5	50	1,2	-	-	-
I	1250	<u>560</u>	-	-	50	1	-	-	-

Năng lượng Charpy của một số tấm được cán nóng được xác định trước khi ủ mẻ, ở 25°C. Cụ thể là, mẫu va đập Charpy 55x10mm², có các rãnh khía hình chữ V sâu 2mm, với góc 45° và bán kính chân vát 0,25mm được lấy từ thép tấm cán nóng trước khi ủ mẻ, và năng lượng va đập riêng (“năng lượng Charpy”) KCv được đo.

Các kết quả được đưa ra trong Bảng 3 sau. Theo quy ước, các chế độ thử nghiệm liên quan giữa thành phần thép và các chế độ sản xuất tấm thép. Do vậy, I1A ký hiệu, ví dụ, cho tấm thép cán nóng được tạo ra từ thành phần thép I1, được tạo ra với nhiệt độ T_h và nhiệt độ cuộn T_{coil} của chế độ A.

Bảng 3

Điều kiện	KCv sau khi cán nóng và trước khi ủ mẻ (J/cm ²)
I1A	77
I2A	79
I3A	77
I4B	64

I5C	71
I6B	90
I7C	65
I8A	96
R3B	<u>29</u>
R4G	98

Các ví dụ I1A, I2A, I3A, I4B, I5C, I6B, I7C và I8A, có thành phần theo sáng chế và được tạo ra với các nhiệt độ T_h và các nhiệt độ cuộn T_{coil} theo sáng chế, có năng lượng Charpy rất cao ở 25°C, ít nhất là 60J/cm².

Trái lại, ví dụ R3B có thành phần không bao gồm B và không bao gồm Al. Kết quả là, ví dụ R3B, mặc dù được tạo ra với nhiệt độ T_h và nhiệt độ cuộn T_{coil} theo sáng chế, song vẫn có năng lượng Charpy thấp.

Các tấm cán nguội này tiếp đó được cắt để tạo ra phôi. Các phôi này được nung nóng tới nhiệt độ T_m và được giữ ở nhiệt độ này T_m trong thời gian giữ t_m , để tạo ra các phôi thép đã nung nóng có cấu trúc chứa 70% tới 100% austenit,

Các phôi đã nung nóng tiếp đó được chuyển vào máy dập tạo hình và được tạo hình nóng để tạo ra chi tiết đã được tạo hình.

Một số chi tiết đã được tạo hình được làm nguội xuống nhiệt độ dừng làm nguội T_C , tiếp đó được nung nóng lại từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} , và được duy trì ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} .

Các chi tiết tiếp đó được làm nguội bằng không khí xuống nhiệt độ trong phòng.

Các chi tiết khác được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng ngay sau khi tạo hình nóng, mà không cần xử lý sau bất kỳ (chế độ h).

Các chế độ sản xuất (a, b...) các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này được tóm tắt trong Bảng 4 dưới đây.

Giới hạn chảy YS và độ bền kéo TS đã được xác định trên các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, bằng cách sử dụng các mẫu 12,5x50 mm² theo tiêu chuẩn ISO (EN 6892-1-2009).

Bảng 4

Chế độ	T _m (°C)	t _m (giây)	T _C (°C)	T _{PT} (°C)	t _{PT} (giây)
a	820	120	25	400	60
b	880	120	25	400	60
c	880	120	25	400	300
d	880	120	150	400	60
e	880	120	180	400	60
f	850	150	130	400	220
g	<u>740</u>	120	275	<u>290</u>	340
<u>h</u>	900	240	25	=	=
i	900	100	180	400	220
j	900	100	160	400	220
k	810	100	140	400	200
l	850	90	150	425	200
m	900	120	25	400	60
n	800	120	25	400	60
o	820	120	25	400	60
p	800	120	25	400	60
Q	840	100	240	400	500
R	800	180	140	400	500

Góc uốn tới hạn đã được xác định trên các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có kích thước 60x60 mm² được đỡ bởi hai trục cán, theo phương pháp B của tiêu chuẩn uốn VDA-238 (với chuẩn độ dày là 1,5mm). Tác động uốn được tạo ra bởi đột nhọn bán kính 0,4mm. Khoảng cách giữa các trục cán và đột này bằng độ dày của các chi tiết được thử nghiệm, khoảng trống 0,5mm được thêm vào. Sự xuất hiện vết nứt được xem là khi có sự giảm tải trọng trên đường cong tải trọng-độ dịch. Các thử nghiệm được dừng khi tải trọng giảm trên 30N so với trị số lớn nhất của nó. Góc uốn (α) của mỗi mẫu được đo sau khi tháo tải và tức là sau khi đàn hồi trở lại. Ba mẫu dọc theo mỗi hướng (hướng cán và hướng ngang) bị uốn cong để thu được trị số trung bình α_A của góc uốn.

Ứng suất phá huỷ được xác định thông qua các mẫu uốn trong các điều kiện biến dạng phẳng, nó là điều kiện nghiêm trọng nhất trong trường hợp va chạm xe. Từ các thử nghiệm này, có thể xác định được độ dịch tới hạn của mẫu khi nứt gãy. Mặt khác, phép phân tích Finite Element Analysis cho phép mô hình hoá sự uốn cong của mẫu, tức là, cho biết mức độ biến dạng có trong vùng uốn đối với độ dịch tới hạn như vậy. Sự biến dạng trong các điều kiện tới hạn như vậy là ứng suất phá huỷ của vật liệu.

Các kết quả của các thử nghiệm cơ học như vậy được đưa ra trong Bảng 5. Theo quy ước, các chế độ thử nghiệm kết hợp thành phần thép, các chế độ sản xuất tấm thép và các chế độ sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Do vậy, I1Aa ký hiệu, ví dụ, cho chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được tạo ra từ thành phần thép I1, được tạo ra từ thép tấm được sản xuất với chế độ A tương ứng với chế độ tăng cứng bằng cách ép a.

Bảng 5 cũng thể hiện một số dấu hiệu vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép. Các phần bề mặt của các thành phần khác nhau đã được xác định bằng cách đánh bóng và khắc mòn các mẫu bằng các chất ăn mòn khác nhau (Nital, Picral, Bechet-Beaujard, sodium metabisulfite and LePera) để nhận diện các thành phần cụ thể. Việc định lượng các phần bề mặt đã được thực hiện thông qua phép phân tích ảnh và phần mềm Aphelion™, trên nhiều hơn mười vùng đại diện có kích thước ít nhất là $100 \times 100 \mu\text{m}^2$.

Phần austenit tồn dư được xác định bởi phương pháp nhiễu xạ tia X (XRD). Hàm lượng C trong austenit tồn dư được xác định bằng cách đánh giá phần austenit tồn dư và các tham số mạng tinh thể bởi phép phân tích nhiễu xạ tia X (XRD), cùng với thuật toán chính xác hoá Rietveld, và nhờ sử dụng các công thức Dyson và Holmes .

Trong bảng 5, Ms là nhiệt độ mà ở đó sự chuyển hoá của austenit có mặt trong cấu trúc này thành mactensit bắt đầu sau khi làm nguội, như được xác định bởi phương pháp đo thể tích. Nhiệt độ Ms, đối với mỗi thành phần thép tùy thuộc vào thành phần và các chế độ sản xuất, đặc biệt là nhiệt độ T_m , do đó được đưa ra trong Bảng 5 đối với mỗi thành phần và chế độ sản xuất.

Ngoài ra, trong bảng 5, PM là phần mactensit đã bị phân hóa, FM là phần mactensit mới, F là phần ferit, d_{cm} là mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm, RA là phần austenit tồn dư, C_{RA} là hàm lượng C trung bình trong austenit tồn dư.

Ngoài ra, YS là giới hạn chảy, TS là độ bền kéo và α_A là góc uốn (được biểu thị theo đơn vị độ).

Bảng 5

Thử nghiệm	Ms (°C)	PM (%)	FM (%)	F (%)	d_{cm} (mm ⁻²)	RA (%)	C_{RA} (%)	YS (MPa)	TS (MPa)	α_A (°)	Ứng suất phá hủy
I1Aa	285	85	0	6	$1 \cdot 10^6$	9	0,75	1342	1411	63	0,53
I1Ab	310	>90	0	< 2	$2 \cdot 10^6$	7	0,69	1258	1393	72	0,63
I2Aa	280	82	0	9	$0,5 \cdot 10^6$	9	0,74	1305	1428	68	0,56
I2Ab	305	> 90	0	< 2	$3 \cdot 10^6$	7	0,80	1349	1416	68	0,51
I2Ad	305	> 90	0	< 2	$2,5 \cdot 10^6$	9	0,73	1217	1359	71	0,56
I2Ae	305	> 90	0	< 2	$2,5 \cdot 10^6$	10	0,67	1184	1344	76	0,6
I3Aa	275	75	0	15	$0,5 \cdot 10^6$	10	0,81	1317	1429	65	0,54
I3Ab	315	> 90	0	< 2	$1,5 \cdot 10^6$	8	0,83	1272	1426	74	0,63
I4Bf	315	80	2	< 5	$2 \cdot 10^6$	13	0,78	1256	1407	n.d.	n.d.
I5Ci	320	93	0	0	$5 \cdot 10^6$	7	0,8	1236	1325	n.d.	n.d.
I5Cj	320	94	0	0	$5 \cdot 10^6$	6	0,83	1238	1328	n.d.	n.d.
I7Ck	290	90	0	0	$7 \cdot 10^6$	10	0,8	1283	1391	n.d.	n.d.
I7Cl	290	87,5	0	0	$7 \cdot 10^6$	12,5	0,76	1241	1384	n.d.	n.d.
R1Dn	275	>70	0	< 2	$1,5 \cdot 10^6$	n.d.	n.d.	1373	1584	<u>48</u>	<u>0,42</u>
R1Do	275	> 70	0	< 2	$1 \cdot 10^6$	n.d.	n.d.	1333	1530	<u>58</u>	<u>0,37</u>
R4Gc	270	>75	< 5	15	$0,5 \cdot 10^6$	4	0,71	1230	<u>1264</u>	69	0,54
R5Eh	410	<u>3</u>	<u>97</u>	0	n.d.	<u>0</u>	NA	1162	1504	61	<u>0,37</u>

Trong Bảng 5, n.d. là “không được xác định” và NA là “không áp dụng”.

Trong các thử nghiệm I1Aa, I1Ab, I2Aa, I2Ab, I2Ad, I2Ae, I3Aa, I3Ab, I4Bf, I5Ci, I5Cj, I7Ck và I7Cl, các thành phần, các chế độ để sản xuất các thép tám và các chế độ tăng cứng bằng cách ép tương ứng với sáng chế và các dấu hiệu vi cấu trúc được mong muốn đã được tạo ra. Kết quả là, các đặc tính kéo cao và độ dẻo khi va chạm cao, đặc biệt là các góc uốn và ứng suất phá hủy cao đã đạt được.

Vi cấu trúc của mẫu I1Ab được thể hiện trên hình vẽ kèm theo, trong đó “RA” chỉ austenit tồn dư, và “PM” chỉ mactensit đã bị phân hóa.

Trong các thử nghiệm R1Dn và R1Do, các hàm lượng của Mn và S không đáp ứng các điều kiện của sáng chế. Ngay cả khi áp dụng các chế độ để sản xuất các thép tấm và các chế độ tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, thì độ dẻo khi va chạm, đặc biệt là góc uốn và ứng suất phá huỷ vẫn không đáp ứng các trị số được yêu cầu.

Trong thử nghiệm R4Gc, các hàm lượng của C, Mn, Al và S không đáp ứng các điều kiện của sáng chế. Ngay cả khi áp dụng các chế độ để sản xuất các thép tấm và các chế độ tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, thì độ bền kéo vẫn không đạt mức 1300MPa.

Trong thử nghiệm R5Eh, hàm lượng Mn quá thấp. Ngoài ra, việc xử lý sau không được thực hiện sau khi tạo hình nóng. Kết quả là, cấu trúc bao gồm một phần lớn của mactensit mới. Ngay cả khi giới hạn chảy và độ bền kéo đạt trị số được mong muốn, thì độ dẻo khi va chạm, đặc biệt là ứng suất phá huỷ, vẫn không thoả đáng.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã đánh giá tính dễ hàn của các thép tấm và các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được tạo ra với các chế độ sản xuất nêu trên.

Cụ thể, các thử nghiệm hàn điểm điện trở được thực hiện trên một số chi tiết được tăng cứng bằng cách ép. Các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép đã được tạo ra với các chế độ thử nghiệm khác nhau được hàn điểm điện trở với các tham số hàn được đưa ra trong Bảng 6, và với cường độ nằm trong khoảng từ 5 đến 8kA, sẽ phải là mỗi chi tiết được hàn với một chi tiết khác được tạo ra với các chế độ thử nghiệm như nhau.

Các thử nghiệm độ cứng được thực hiện trên các mối hàn điểm điện trở đã được cắt và đánh bóng để xác định mức độ hoá mềm thực trong các vùng bị tác động nhiệt trong vùng lân cận của mối hàn kim loại. Mức độ hoá mềm này được xác định bởi mức chênh lệch giữa độ cứng kim loại nền và trị số độ cứng nhỏ nhất trong vùng bị tác động nhiệt. Các thử nghiệm kéo được thực hiện trên các mối hàn điểm điện trở, và độ giãn dài hoàn toàn của các mối hàn được xác định. So với độ

giãn dài kim loại nền, các mối hàn gây ra sự biến thiên về độ giãn dài mà có thể ít nhiều khác biệt so với độ giãn dài của kim loại nền. Do vậy, sự biến thiên độ giãn dài tương đối được xác định bởi: (độ giãn dài của kim loại nền - độ giãn dài của mối hàn)/độ giãn dài của kim loại nền.

Các tham số và các kết quả được đưa ra trong Bảng 6, trong đó:

- “Chế độ thử nghiệm” chỉ việc chi tiết được tăng cứng bằng cách ép mà trên nó thử nghiệm hàn điểm điện trở được thực hiện,
- “Lực hàn” chỉ lực hàn, được thể hiện bằng đơn vị daN, trong quá trình hàn điểm,
- “Anpha” chỉ trị số anpha, tức là tải trọng lớn nhất trong thử nghiệm kéo ngang chia cho đường kính mối hàn và độ dày, được biểu thị theo đơn vị daN/mm²,
- “Hệ số bút” chỉ hệ số bút, là tỷ lệ của đường kính bút chia cho đường kính vùng nấu chảy (MZ),
- “Mức độ hoá mềm HAZ” chỉ mức chênh lệch giữa độ cứng Vickers của kim loại nền và trị số độ cứng Vickers nhỏ nhất trong vùng bị tác động nhiệt,
- “Mức độ hoá mềm tương đối” là tỷ lệ giữa mức độ hoá mềm HAZ và độ cứng Vickers của kim loại nền, được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm.

Bảng 6

Chế độ thử nghiệm	Lực hàn (daN)	Anpha (daN/mm ²)	Hệ số bút	Mức độ hoá mềm HAZ (Hv)	Mức độ hoá mềm tương đối (%)
I4Bf	400	51	0,86	101	20,3
I5Ci	400	64	0,82	n.d.	n.d.
I6Bm	400	70	0,86	84	18,6
I7Ck	400	60	0,81	n.d.	n.d.
I8Ab	400	75	0,8	95	21
R1Hr	400	<u>24</u>	<u>0</u>	20	5
R2Iq	400	<u>29</u>	<u>0,36</u>	50	13
R3Bp	400	<u>41,6</u>	<u>0,62</u>	45	10,2
R4Gg	400	85	1	n.d.	n.d.

R5Eh	450	70	0,87	200	<u>40</u>
------	-----	----	------	-----	-----------

Trong Bảng 6, n.d. là “không được xác định”.

Các ví dụ I4Bf, I5Ci, I6Bm, I7Ck và I8Ab được làm các thép có thành phần theo sáng chế, và được tạo ra với các chế độ sản xuất tương ứng với sáng chế. Kết quả là, các mối hàn điểm điện trở được tạo ra bằng cách hàn điểm điện trở các chi tiết này đều có độ dẻo cao, được đặc tả bởi trị số anpha ít nhất là 50 daN/mm^2 và hệ số bít ít nhất là 0,70.

Trái lại, ví dụ R1Hr được làm bằng thép có hàm lượng Mn quá cao. Kết quả là, các mối hàn điểm điện trở được tạo ra bằng cách hàn điểm điện trở hai chi tiết R1Hr đều có độ dẻo thấp, đặc biệt là trị số anpha thấp hơn 50 daN/mm^2 và hệ số bít thấp hơn 0,70.

Ngoài ra, ví dụ R2Iq được làm bằng thép có hàm lượng C quá cao. Kết quả là, các mối hàn điểm điện trở được tạo ra bằng cách hàn điểm điện trở hai chi tiết R2Iq đều có độ dẻo thấp, đặc biệt là trị số anpha thấp hơn 50 daN/mm^2 và hệ số bít thấp hơn 0,70. Sự mức độ hoá mềm HAZ ít rõ rệt hơn ở các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép I4Bf, I6Bm và I8Ab, được sản xuất theo sáng chế, so với ở chi tiết tham chiếu R5Eh, trong đó sự suy giảm độ giãn dài đáng kể có mặt ở HAZ.

Do đó, các chi tiết bằng thép được sản xuất theo sáng chế có thể được sử dụng một cách thuận lợi cho việc chế tạo các bộ phận kết cấu hoặc an toàn của xe có động cơ.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thép tấm dùng để sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, thép tấm này có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,3\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

thép tấm này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit có đường kính lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó $\text{Mn}\%$ là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

2. Thép tấm theo điểm 1, trong đó thép tấm này là thép tấm đã được ủ, vi cấu trúc của thép tấm đã được ủ là sao cho phần bù chứa mactensit.

3. Thép tấm theo điểm 2, trong đó thép tấm này có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó.
4. Thép tấm theo điểm 3, trong đó lớp phủ lót kim loại là lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.
5. Thép tấm theo điểm 3, trong đó lớp phủ lót kim loại là lớp phủ lót kẽm nhôm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.
6. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 3 tới 5, trong đó thép tấm này có vùng đã khử silic trên bề mặt của mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính dưới lớp phủ lót kim loại, độ sâu $p_{50\%}$ của vùng đã khử silic này nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, $p_{50\%}$ là độ sâu, mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần của thép, và trong đó thép tấm đã được ủ này không chứa lớp sắt oxit trên bề mặt phân cách giữa các bề mặt chính và lớp phủ lót kim loại.
7. Thép tấm theo điểm 1, trong đó thép tấm này là thép tấm chưa được ủ, vi cấu trúc của thép tấm này chứa, trong phần bề mặt:
5% tới 20% austenit tồn dư,
xementit,
phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit.
8. Thép tấm theo điểm 7, trong đó thép tấm này là thép tấm cán nóng có năng lượng Charpy đặc trưng KCV , xác định được trên mẫu va đập Charpy $55 \times 10 \text{ mm}^2$, có các rãnh khía hình chữ V sâu 2mm, với góc 45° và bán kính chân vát 0,25mm, cao hơn hoặc bằng 60 J/cm^2 .
9. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 8, trong đó thép tấm này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

10. Phương pháp sản xuất thép tấm dùng để sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, phương pháp này bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra bán thành phẩm thép có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,3\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

- cán nóng bán thành phẩm thép này để tạo ra thép tấm cán nóng,

- cuộn thép tấm cán nóng này ở nhiệt độ cuộn T_{coil} thấp hơn 550°C , để tạo ra thép tấm đã được cuộn,

- tùy ý, cán nguội thép tấm đã được cuộn này.

11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó thép tấm đã được cuộn này được cán nguội với tỷ lệ cán nguội nằm trong khoảng từ 30% đến 80%.

12. Phương pháp theo điểm 11, trong đó, sau khi cuộn và trước khi cán nguội, thép tấm đã được cuộn này được ủ từng mẻ ở nhiệt độ ủ mẻ T_{HBA} nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C , thép tấm đã được cuộn này được duy trì ở nhiệt độ ủ mẻ T_{HBA} trong thời gian ủ mẻ t_{HBA} nằm trong khoảng từ 1 giờ đến 20 giờ.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 tới 12, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước ủ thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội ở nhiệt độ ủ T_A cao hơn hoặc bằng 650°C , bước ủ này bao gồm việc nung nóng thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội tới nhiệt độ ủ T_A , và giữ thép tấm đã được cuộn và tùy ý đã được cán nguội này ở nhiệt độ ủ T_A trong thời gian ủ t_A từ 30 giây đến 600 giây.

14. Phương pháp theo điểm 13, trong đó nhiệt độ ủ T_A là thấp hơn Ae_3 .

15. Phương pháp theo điểm 13, trong đó nhiệt độ ủ T_A là cao hơn hoặc bằng Ae_3 .

16. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 tới 15, trong đó, sau khi giữ ở nhiệt độ ủ T_A , thép tấm được phủ lót kim loại hoặc hợp kim kim loại bằng cách phủ nhúng trong bể, tiếp đó được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng.

17. Phương pháp theo điểm 16, trong đó thép tấm được phủ lót kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

18. Phương pháp theo điểm 16, trong đó thép tấm được phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.

19. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 16 tới 18, trong đó thép tấm này được ủ ở nhiệt độ ủ T_A để tạo ra, sau khi hoàn thành quá trình ủ, lớp khử silic của bề mặt của thép tấm đã được ủ bên trên độ sâu $p_{50\%}$ nằm trong khoảng từ 6 đến 30 micromet, trong đó $p_{50\%}$ là độ sâu mà ở đó hàm lượng cacbon bằng 50% hàm lượng C trong thành phần này, và để tạo ra thép tấm đã được ủ không có lớp sắt oxit trên bề mặt của nó.

20. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 tới 19, trong đó thép tấm này có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

21. Chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, được làm bằng thép có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

trong đó vi cấu trúc gồm, chiếm phần lớn của chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép này, trong phần bề mặt, vi cấu trúc chiếm ít nhất 95% thể tích của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép:

ít nhất 50% mactensit đã bị phân hóa,

dưới 30% ferit,

ít nhất 2% austenit tồn dư,

xementit sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$, và

tối đa 5% mactensit mới,

austenit tồn dư có hàm lượng C trung bình ít nhất là 0,5%.

22. Chi tiết bằng thép theo điểm 21, trong đó austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot Mn\%$, trong đó $Mn\%$ là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này.

23. Chi tiết bằng thép theo điểm 21 hoặc 22, trong đó:

$Al \geq 0,3\%$.

24. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 23, trong đó chi tiết này được phủ lớp phủ kim loại.

25. Chi tiết bằng thép theo điểm 24, trong đó lớp phủ kim loại này là lớp phủ hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm.

26. Chi tiết bằng thép theo điểm 24, trong đó lớp phủ kim loại này là lớp phủ hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm.

27. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 26, trong đó chi tiết này có giới hạn chảy ít nhất là 1000MPa, độ bền kéo nằm trong khoảng từ 1300 đến 1600MPa, ứng suất phá huỷ trong điều kiện biến dạng phẳng lớn hơn 0,50 và góc uốn lớn hơn 60° , góc uốn này được xác định theo phương pháp B của tiêu chuẩn uốn VDA-238, với chuẩn độ dày là 1,5mm.

28. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 27, trong đó chi tiết này có ít nhất một vùng biến dạng nóng thứ nhất với giá trị biến dạng tương đương ε_b lớn hơn 0,15, và ít nhất một vùng thứ hai đã được trải qua cùng một chu trình làm nguội trong quá trình tăng cứng bằng cách ép như vùng biến dạng nóng thứ nhất, trong đó giá trị biến dạng tương đương ε_b là nhỏ hơn 0,05.

29. Chi tiết bằng thép theo điểm 28, trong đó mức chênh lệch về độ cứng giữa vùng thứ hai và vùng biến dạng nóng thứ nhất lớn hơn 15 HV1.

30. Chi tiết bằng thép theo điểm 28 hoặc 29, trong đó độ rộng dải mactensit trung bình trong vùng biến dạng nóng thứ nhất nhỏ hơn 15% độ rộng dải mactensit trung bình trong vùng thứ hai.

31. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 28 tới 30, trong đó tỷ lệ của dải mactensit có độ rộng nhỏ hơn $0,8\mu\text{m}$ trong vùng biến dạng nóng thứ nhất lớn hơn ít nhất là 35% vùng thứ hai.

32. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 31, trong đó chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

33. Quy trình sản xuất chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép, trong đó quy trình này bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 9 hoặc được tạo ra bởi phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 tới 20,
- cắt thép tấm này theo một hình dạng định trước, để tạo ra phôi thép,
- nung nóng phôi thép này tới nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C và giữ phôi thép này ở nhiệt độ T_m trong thời gian giữ t_m từ 60 giây đến 600 giây, để tạo ra phôi thép đã nung nóng có cấu trúc chứa 70% tới 100% austenit,
- chuyển phôi đã nung nóng vào máy dập tạo hình,
- tạo hình nóng phôi đã nung nóng trong máy dập tạo hình để tạo ra chi tiết đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết đã được tạo hình này tới nhiệt độ dừng làm nguội T_C nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến $M_s-100^\circ\text{C}$,
- nung nóng lại chi tiết đã được tạo hình từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C , và duy trì chi tiết đã được tạo hình ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} từ 10 giây đến 600 giây,
- làm nguội chi tiết đã được tạo hình này xuống nhiệt độ trong phòng để tạo ra chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép.

34. Quy trình theo điểm 33, trong đó chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,7mm đến 5mm.

35. Phôi thép hàn bằng laze dùng để sản xuất chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép, trong đó phôi thép hàn bằng laze này bao gồm:

- phôi thép thứ nhất đã được tạo ra bằng cách cắt thép tấm có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq Mo \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq B \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

thép tấm này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 * Mn\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này,

thép tấm có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó,

lớp phủ lót kim loại này là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,

- phôi thép thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,04\% \leq C \leq 0,38\%$$

$$0,05\% \leq Mn \leq 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,005\% \leq Al \leq 0,9\%$$

$$0,001\% \leq Cr \leq 2\%$$

$$Mo \leq 0,65 \%$$

$$Ni \leq 2\%$$

$$0,001\% \leq Ti \leq 0,2\%$$

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

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

$$0,0005\% \leq N \leq 0,01\%$$

$$0,0001\% \leq S \leq 0,05\%$$

$$0,0001\% \leq P \leq 0,1\%$$

$$W \leq 0,30\%$$

$$Ca \leq 0,006\%$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

phôi thép thứ hai này có lớp phủ lót bằng nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, và

- mỗi hàn laze liên kết phôi thứ nhất với phôi thép thứ hai

trong đó các lớp phủ lót nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm của phôi thép thứ nhất và của phôi thép thứ hai phủ lên vùng lân cận sát cạnh của mỗi hàn laze trên ít nhất một mặt của các phôi thép thứ nhất và thứ hai.

36. Phương pháp sản xuất phôi thép hàn bằng laze bao gồm các bước:

- tạo ra thép tấm thứ nhất có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,15\% \leq C \leq 0,22\%$$

$$3,5\% \leq Mn < 4,2\%$$

$$0,001\% \leq Si \leq 1,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,9\%$$

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

$$0,001\% \leq \text{Mo} \leq 0,3\%$$

$$0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,040\%$$

$$0,0003\% \leq \text{B} \leq 0,004\%$$

$$0,001\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$$

$$0,001\% \leq \text{N} \leq 0,009\%$$

$$0,0005\% \leq \text{S} \leq 0,003\%$$

$$0,001\% \leq \text{P} \leq 0,020\%$$

$$\text{tùy ý } 0,0001\% \leq \text{Ca} \leq 0,003\%,$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi,

thép tấm thứ nhất này có vi cấu trúc chứa, trong phần bề mặt:

dưới 50% ferit,

từ 1% tới 20% austenit tồn dư,

xementit, sao cho mật độ bề mặt của các hạt xementit lớn hơn 60nm thấp hơn $10^7/\text{mm}^2$,

phần bù chứa bainit và/hoặc mactensit,

austenit tồn dư có hàm lượng Mn trung bình ít nhất là $1,1 \cdot \text{Mn}\%$, trong đó Mn% là hàm lượng Mn trong thành phần của thép này,

thép tấm thứ nhất này có lớp phủ lót kim loại trên mỗi bề mặt trong số hai bề mặt chính của nó, lớp phủ lót kim loại này là nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,

- cắt thép tấm thứ nhất theo một hình dạng định trước, để tạo ra phôi thép thứ nhất,

- tạo ra phôi thép thứ hai có thành phần bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,04\% \leq \text{C} \leq 0,38\%$$

$$0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%$$

$$0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%$$

$$0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$$

$$0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$$

$$\text{Mo} \leq 0,65 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2\%$$

$$0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%$$

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

$$\text{B} \leq 0,010\%$$

$$0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%$$

$$0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%$$

$$0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%$$

$$\text{W} \leq 0,30\%$$

$$\text{Ca} \leq 0,006\%$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi

phôi thép thứ hai có lớp phủ lót bằng nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,

- không cần loại bỏ toàn bộ lớp phủ lót trên ít nhất một mặt của các phôi thép thứ nhất và thứ hai, hàn bằng laze phôi thép thứ nhất với phôi thép thứ hai để tạo ra phôi thép hàn bằng laze.

37. Chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai và mối hàn laze được tăng cứng bằng cách ép liên kết chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất với chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai,

trong đó chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất là một chi tiết theo điểm 26, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có thành phần chứa 0,04% tới 0,38% cacbon, chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ hai có lớp phủ bằng lớp phủ nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm,

mối hàn laze được tăng cứng bằng cách ép này có cấu trúc chứa tối đa 15% ferit, và trong đó trên ít nhất một mặt của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai, độ dày của lớp phủ trong vùng bị tác động nhiệt là giống như độ dày của lớp phủ trong phần còn lại của các chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất và thứ hai.

38. Quy trình sản xuất chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra phôi thép hàn bằng laze theo điểm 35,
- nung nóng phôi thép hàn bằng laze tới nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 800°C đến 950°C và giữ phôi thép hàn bằng laze ở nhiệt độ T_m trong thời gian giữ t_m từ 60 giây đến 600 giây, để tạo ra phôi thép hàn bằng laze đã được nung nóng có cấu trúc chứa 70% tới 100% austenit,
- chuyển phôi thép hàn bằng laze đã được nung nóng này vào máy dập tạo hình,
- tạo hình nóng phôi thép hàn bằng laze đã được nung nóng này trong máy dập tạo hình để tạo ra chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình tới nhiệt độ dừng làm nguội T_C nằm trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng đến $M_s-100^{\circ}\text{C}$,
- nung nóng lại chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình từ nhiệt độ dừng làm nguội T_C lên nhiệt độ xử lý sau T_{PT} nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C , và duy trì chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình ở nhiệt độ xử lý sau T_{PT} trong thời gian giữ t_{PT} từ 10 giây đến 600 giây,
- làm nguội chi tiết hàn bằng laze đã được tạo hình xuống nhiệt độ trong phòng để tạo ra chi tiết bằng thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép.

39. Cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép thứ nhất và chi tiết bằng thép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở, cụm hàn này có ít nhất một mối hàn điểm điện trở liên kết chi tiết bằng thép thứ nhất với chi tiết bằng thép thứ hai, trong đó:

chi tiết bằng thép thứ nhất là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 32,

chi tiết bằng thép thứ hai được làm bằng thép có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, theo phần trăm khối lượng:

$$0,04\% \leq C \leq 0,38\%$$

$$0,05\% \leq \text{Mn} \leq 4,2\%$$

$$0,001\% \leq \text{Si} \leq 1,5\%$$

$$0,005\% \leq \text{Al} \leq 0,9\%$$

$$0,001\% \leq \text{Cr} \leq 2\%$$

$$\text{Mo} \leq 0,65 \%$$

$$\text{Ni} \leq 2\%$$

$$0,001\% \leq \text{Ti} \leq 0,2\%$$

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

$$\text{B} \leq 0,010\%$$

$$0,0005\% \leq \text{N} \leq 0,010\%$$

$$0,0001\% \leq \text{S} \leq 0,05\%$$

$$0,0001\% \leq \text{P} \leq 0,1\%$$

$$\text{W} \leq 0,30\%$$

$$\text{Ca} \leq 0,006\%$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi

mỗi hàn điểm điện trở có trị số anpha ít nhất là 50 daN/mm^2 và hệ số bít ít nhất là 0,70, trị số anpha biểu thị tải trọng lớn nhất trong thử nghiệm kéo ngang chia cho đường kính mỗi hàn và độ dày, hệ số bít là tỷ lệ của đường kính bít chia cho đường kính vùng nấu chảy (MZ).

40. Cụm hàn theo điểm 39, trong đó chi tiết bằng thép thứ nhất có thành phần sao cho $\text{Al} \geq 0,3\%$, và trong đó mức chênh lệch giữa độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết bằng thép thứ nhất và trị số độ cứng Vickers nhỏ nhất trong vùng bị tác động nhiệt là thấp hơn 25% so với độ cứng Vickers của thép nền của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép thứ nhất.

41. Cụm hàn bao gồm chi tiết bằng thép thứ nhất và chi tiết bằng thép thứ hai được hàn với nhau bằng cách hàn điểm điện trở, cụm hàn này có ít nhất một mối hàn điểm điện trở liên kết chi tiết bằng thép thứ nhất với chi tiết bằng thép thứ hai, trong đó chi tiết bằng thép thứ nhất là chi tiết bằng thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 32, và chi tiết bằng thép thứ hai là chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, hoặc chi tiết bằng thép được dập nguội hoặc được tạo hình nguội, có hàm lượng C không cao hơn 0,38% và hàm lượng Mn không cao hơn 4,2%, cùng với độ bền kéo không cao hơn 2100MPa.

Fig. 1

