



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0031613

(51)⁸ C22C 38/00; C21D 9/46; C23C 2/12;
C22C 38/38; C21D 9/00

(13) B

(21) 1-2017-04547

(22) 10/06/2016

(86) PCT/IB2016/000788 10/06/2016

(87) WO2017/006159 12/01/2017

(30) PCT/IB2015/001156 09/07/2015 IB

(45) 25/04/2022 409

(43) 26/04/2018 361A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

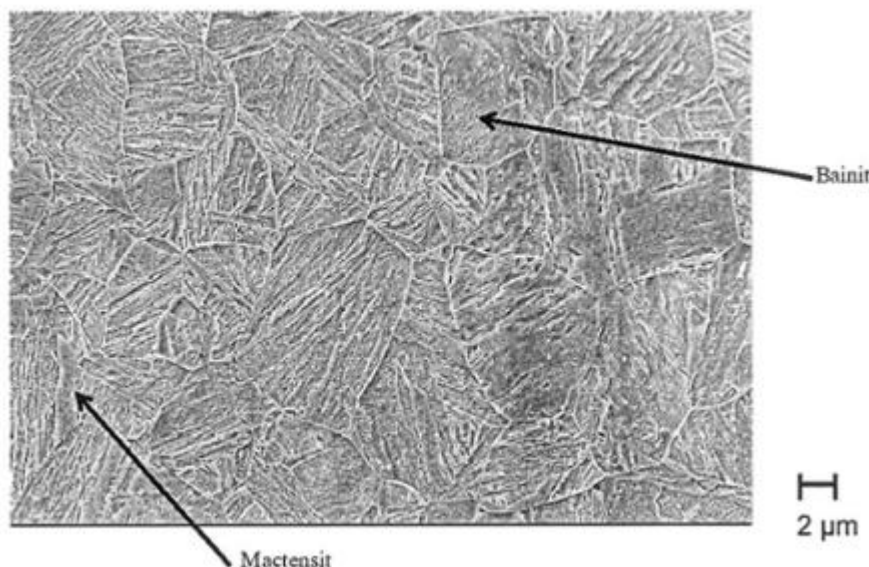
24-26, Boulevard d'Avranches 1160 Luxembourg, Luxembourg

(72) DRILLET, Pascal (FR); POIRIER, Maria (PT); SARKAR, Sujay (IN).

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

(54) CHI TIẾT THÉP ĐƯỢC TĂNG CỨNG BẰNG CÁCH ÉP, QUY TRÌNH SẢN XUẤT NÓ VÀ QUY TRÌNH SẢN XUẤT CHI TIẾT THÉP HÀN BẰNG LAZE ĐÃ ĐƯỢC TĂNG CỨNG BẰNG CÁCH ÉP

(57) Sáng chế đề xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, trong đó thành phần hoá học của thép, tính theo khối lượng, bao gồm: $0,062\% \leq C \leq 0,095\%$, $1,4\% \leq Mn \leq 1,9\%$, $0,2\% \leq Si \leq 0,5\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 0,1\%$, trong đó: $1,5\% \leq (C+Mn+Si+Cr) \leq 2,7\%$, $0,040\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$, trong đó: $0,044\% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$, tùy ý: $0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và trong đó vi cấu trúc, chiếm phần lớn trong chi tiết này, trong các phần bề mặt bao gồm: dưới 40% bainit, dưới 5% austenit, dưới 5% ferit, phần còn lại là mactensit, mactensit này bao gồm mactensit mới và mactensit tự ram. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép và quy trình sản xuất chi tiết thép hàn bằng laze đã được tăng cứng bằng cách ép cũng được đề xuất.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến các chi tiết thép được tạo hình nóng và được tăng cứng bằng cách ép thông qua bước làm nguội bằng cách giữ các chi tiết này trong dụng cụ ép. Các chi tiết này được sử dụng dưới dạng các bộ phận kết cấu trong xe ô tô mang 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 chi tiết dùng cho máy nông nghiệp.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong các ứng dụng nêu trên, thường cần đến các chi tiết thép phải có đồng thời độ bền cơ học cao, độ bền va đập cao, khả năng chống ăn mòn tốt và độ chính xác kích thước. Sự kết hợp của các đặc tính này là đặc biệt được mong muốn trong ngành công nghiệp ô tô. Các chi tiết ô tô như các thanh giằng trước hoặc sau, các thanh giằng nóc, các cột trụ chữ B, và các bộ phận gầm như các tay đòn điều khiển dưới, giá lắp động cơ, cần đến các đặc tính này một cách đặc biệt hơn nữa.

Quy trình tăng cứng bằng cách ép đã được mô tả trong công bố đơn yêu cầu cấp patent GB1490 535. Chi tiết thép được tăng cứng được tạo ra bằng cách nung nóng phôi thép lên nhiệt độ mà ở đó thép biến dạng sang austenit và sau đó được tạo hình nóng trong máy ép. Đồng thời, phôi này được làm nguội nhanh trong dụng cụ ép và giữ nguyên nhằm tránh sự biến dạng, nhờ vậy thu được cấu trúc mactensit và/hoặc bainit. Thép được sử dụng có thể có thành phần sau: C<0,4%, 0,5-2,0% Mn, S và P<0,05, 0,1-0,5% Cr, 0,05-0,5% Mo, <0,1% Ti, 0,005-0,01% B, <0,1% Al. Tuy nhiên, công bố này chưa đưa ra được giải pháp để đạt được một cách đồng thời các đặc tính độ giãn dài và độ độ bền cơ học cao, khả năng dễ hàn và khả năng dễ uốn tốt.

Việc chế tạo các chi tiết có khả năng chống ăn mòn tốt và độ bền kéo lớn hơn 1500MPa đã được mô tả trong công bố đơn yêu cầu cấp patent FR2780984:

tấm thép được phủ nhôm có thành phần 0,15-0,5% C, 0,5-3% Mn, 0,1-0,5% Si, 0,01-1% Cr, <0,2% Ti, 0,1% Al và P, <0,05% S, 0,0005-0,08% B, được nung nóng, tạo hình và làm nguội nhanh. Tuy nhiên, do độ bền kéo cao, nên độ giãn dài toàn phần trong thử nghiệm kéo nhỏ hơn 6%.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent EP2137327 đề cập đến việc tăng cứng bằng cách ép phôi thép có thành phần gồm: 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, có thể đạt được độ bền kéo lớn hơn 500MPa. Tuy nhiên, do bản chất của vi cấu trúc này không phải là một ferit đẳng trục, nên không thể đạt được độ bền kéo rất cao.

EP1865086 đề cập đến thành phần thép bao gồm 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. Với thành phần này có thể sản xuất được chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có độ bền kéo lớn hơn 1000MPa và có độ giãn dài trên 10%. Tuy nhiên, do hàm lượng niken cao của nó, nên việc sản xuất thép này là tốn kém.

EP1881083 đề cập đến chi tiết được tăng cứng bằng cách ép làm từ hợp kim thép chứa 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 lớn hơn 1200MPa và độ giãn dài toàn phần trên 12%. Tuy nhiên, do hàm lượng crom cao của nó, nên việc sản xuất thép này là tốn kém.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do vậy, điều mong muốn là có chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép và quy trình sản xuất có thể giải quyết được các vấn đề nêu trên. Điều mong muốn cụ thể hơn là có chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm và giới hạn chảy YS nằm trong khoảng từ 700 đến

950MPa, ứng suất kéo TS nằm trong khoảng từ 950 đến 1200MPa, và tính dẻo cao, khác biệt ở chỗ, nó có góc uốn lớn 75° .

Cũng được mong muốn là có chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có ứng suất phá huỷ dưới điều kiện biến dạng phẳng lớn hơn 0,60.

Khi các vùng bị biến dạng mạnh trong các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, ví dụ, như các vùng lượn tròn theo bán kính, chịu tập trung ứng suất cao trong các điều kiện làm việc tiếp sau hoặc trong khi va chạm xe cộ, nên cũng được mong muốn là có các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có tính dẻo cao hơn trong các vùng đã biến dạng này.

Cũng được mong muốn là có các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có khả năng dễ hàn, và các mối nối hàn được tăng cứng bằng cách ép có tính dẻo cao và không hoá mềm đáng kể trong các vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt.

Cũng được mong muốn là có các tấm thép thích hợp để hàn bằng laze: quy trình này là rất nhạy cảm với sự lệch có thể là do độ phẳng không đủ: vì vậy, cần đến các tấm có độ phẳng rất tốt dùng để hàn bằng laze.

Cũng được mong muốn là có tấm thép có khả năng dễ hàn trong quy trình hàn thuần nhất (tức là, hàn hai tấm có cùng thành phần) hoặc trong quy trình hàn hàn không thuần nhất (hàn hai tấm có thành phần thép khác nhau) và tăng cứng được bằng cách ép, và các chi tiết hàn được tăng cứng bằng cách ép này có các tính chất cơ học cao.

Cũng được mong muốn là có một thành phần thép cho việc tăng cứng bằng cách ép ở trạng thái chưa phủ hoặc đã có lớp phủ kim loại mang lại khả năng chống ăn mòn cho nền thép sau khi tăng cứng bằng cách ép.

Nhằm mục đích này, sáng chế đề xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có thành phần hoá học của thép tính theo khối lượng bao gồm: $0,062\% \leq C \leq 0,095\%$, $1,4\% \leq Mn \leq 1,9\%$, $0,2\% \leq Si \leq 0,5\%$, $0,020\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,02\% \leq Cr \leq 0,1\%$, trong đó $1,5\% \leq (C+Mn+Si+Cr) \leq 2,7\%$, $0,040\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$, trong đó: $0,044\% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090\%$, $0,0005 \leq B \leq 0,004\%$, $0,001\% \leq N \leq 0,009\%$, $0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$, $0,001\% \leq P \leq 0,020\%$ tùy ý: $0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%$, phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh

khối, và trong đó vi cấu trúc, chiếm phần lớn trong chi tiết này, trong các phần bề mặt có: dưới 40% bainit, dưới 5% austenit, dưới 5% ferit, phần còn lại là mactensit, mactensit này bao gồm mactensit mới và mactensit tự ram.

Tốt hơn là, điều kiện $1,7\% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,3\%$ được thoả mãn.

Theo một phương án được ưu tiên, hàm lượng C của chi tiết thép này thoả mãn điều kiện: $0,065\% \leq C \leq 0,095\%$.

Tốt hơn là, vi cấu trúc chiếm ít nhất 5% trong phần bề mặt của mactensit tự ram.

Tốt hơn, nếu tổng các phần bề mặt mactensit mới và mactensit tự ram chiếm 65 tới 100%.

Theo một phương án được ưu tiên, kích thước trung bình của các titan nitrua nhỏ hơn 2 micromet trong các vùng ngoài nằm giữa một phần tư chiều dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết này.

Tốt hơn là, chiều dài trung bình của các sulfua nhỏ hơn 120 micromet trong các vùng ngoài nằm giữa một phần tư chiều dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết này.

Theo một phương án được ưu tiên, chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có ít nhất một vùng biến dạng nóng (A) với mức độ biến dạng lớn hơn 0,15, và ít nhất một vùng (B) có chu kỳ làm nguội đều theo thực nghiệm trong quá trình tăng cứng bằng cách ép lớn hơn vùng (A), trong đó mức độ biến dạng nhỏ hơn 0,05. Tốt hơn, nếu mức độ chênh lệch về độ cứng giữa vùng (B) và vùng biến dạng nóng (A) lớn hơn 20HV.

Tốt hơn là, chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong vùng biến dạng nóng (A) được thu nhỏ nhiều hơn 50% so với chiều rộng dải của cấu trúc mactensit-bainit trong vùng (B).

Theo một phương án được ưu tiên, chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong vùng biến dạng nóng (A) nhỏ hơn 1µm.

Tốt hơn, nếu chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong vùng (B) nằm trong khoảng từ 1 đến 2,5µm.

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

Tốt hơn, nếu lớp phủ kim loại này là hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Tốt hơn là, lớp phủ kim loại này là hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Theo một phương án được ưu tiên, chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép này có giới hạn chảy nằm trong khoảng từ 700 đến 950MPa, ứng suất kéo TS nằm trong khoảng từ 950 đến 1200MPa, và góc uốn lớn hơn 75°.

Theo một phương án được ưu tiên, chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có độ dày thay đổi.

Rất tốt là, độ dày thay đổi này được tạo ra bởi quy trình cán linh hoạt liên tục.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất chi tiết thép hàn bằng laze đã được tăng cứng bằng cách ép, trong đó ít nhất một chi tiết thứ nhất của chi tiết thép hàn này là chi tiết được phủ Al như nêu trên, được hàn vào ít nhất một chi tiết thép thứ hai, có thành phần của nó chứa từ 0,065 tới 0,38% khối lượng cacbon, và trong đó kim loại hàn giữa chi tiết thép thứ nhất và chi tiết thép thứ hai có hàm lượng nhôm nhỏ hơn 0,3% khối lượng, và trong đó chi tiết thép thứ nhất, chi tiết thép thứ hai, và kim loại hàn, được tăng cứng bằng cách ép trong cùng một công đoạn. Sáng chế cũng đề xuất quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra bán thành phẩm thép có thành phần nêu trên,
- cán nóng bán thành phẩm này để tạo ra tấm thép cán nóng,
- cuộn tấm thép cán nóng này với nhiệt độ cuộn T_c nằm trong khoảng từ 550°C đến M_s , M_s là nhiệt độ bắt đầu chuyển hoá mactensit của tấm thép này, để tạo ra tấm thép đã được cuộn,
- tùy ý, cán nguội tấm thép đã được cuộn này,
- ủ tấm thép này ở nhiệt độ ủ T_u để đạt được dưới 10% phần vùng chưa được tái kết tinh, để tạo ra tấm thép đã được ủ,

- cắt tấm thép đã được ủ này thành một hình dạng định trước để tạo ra phôi,
- nung nóng phôi này và giữ nó ở nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C, khoảng thời gian giữ D_m ở nhiệt độ T_m từ 1 tới 10 phút, để tạo ra phôi đã được nung nóng,
- chuyển phôi đã được nung nóng này vào trong máy ép tạo hình, khoảng thời gian chuyển D_t dưới 10 giây,
- tạo hình nóng phôi đã được nung nóng này vào trong máy ép để tạo ra chi tiết thép đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết thép đã được tạo hình này với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C, và với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 15 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 450°C xuống 250°C, trong đó $CR2 < CR1$.

Tốt hơn là, tỉ lệ cán nguội nằm trong khoảng từ 50 đến 80%.

Tốt hơn, nếu nhiệt độ ủ nằm trong khoảng từ 800 đến 850°C, và rất tốt là từ 800 đến 835°C.

Theo một phương án cụ thể, phôi được tạo hình nguội trước khi nung nóng phôi này ở nhiệt độ T_m .

Tốt hơn là, việc tạo hình nóng được thực hiện với mức độ biến dạng lớn hơn 0,15 trong ít nhất một vùng biến dạng nóng của chi tiết này.

Theo một phương án được ưu tiên, tấm thép đã được ủ được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại, trước khi cắt phôi thép đã được ủ này thành một hình dạng định trước.

Tốt hơn, nếu lớp phủ lót kim loại bằng kẽm, hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm.

Tốt hơn là, lớp phủ lót kim loại bằng nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm.

Theo một phương án được ưu tiên, tấm này được phủ lót bằng ít nhất một lớp liên kim loại chứa Al và sắt, và tùy ý là silic, và lớp phủ lót này không chứa Al tự do, không chứa pha τ_5 kiểu $Fe_3Si_2Al_{12}$, hoặc không chứa pha τ_6 kiểu $Fe_2Si_2Al_9$.

Theo một phương án được ưu tiên khác, lớp phủ lót kim loại là lớp nhôm hoặc là hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc là hợp kim nhôm, được phủ trên nó bởi lớp hợp kim hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

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

- tạo ra ít nhất một tấm thép thứ nhất có thành phần như nêu trên, đã được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm,
- tạo ra ít nhất tấm thép thứ hai có thành phần chứa 0,065 tới 0,38% khối lượng cacbon, đã được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm,
- loại bỏ một phần chiều dày của lớp phủ lót nhôm ở phía trên và phía dưới dọc theo một mặt theo chu vi của tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai, tiếp đó
- tạo phôi hàn bằng cách hàn bằng laze tấm thép thứ nhất và tấm thép thứ hai, sao cho hàm lượng nhôm trong kim loại hàn nhỏ hơn 0,33% khối lượng, việc hàn bằng laze này được thực hiện dọc theo chu vi mà ở đó một phần của lớp phủ lót nhôm đã được loại bỏ,
- nung nóng phôi hàn này và giữ nó ở nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C, khoảng thời gian giữ D_m ở nhiệt độ này từ 1 tới 10 phút, để tạo ra phôi hàn đã được nung nóng,
- chuyển phôi hàn đã được nung nóng này vào trong máy ép tạo hình, khoảng thời gian chuyển D_t dưới 10 giây,
- tạo hình nóng phôi hàn đã được nung nóng này vào trong máy ép để tạo ra chi tiết hàn đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết hàn đã được tạo hình này với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C, và với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 15 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 450°C xuống 250°C, trong đó $CR2 < CR1$.

Tốt hơn là, khoảng thời gian giữ D_m từ 1 đến 6 phút.

Sáng chế cũng mô tả việc sử dụng chi tiết nêu trên, hoặc được sản xuất theo quy trình nêu trên, để sản xuất chi tiết kết cấu hoặc chi tiết bảo vệ của xe cộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Tiếp theo, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết có dựa vào các hình vẽ sau nhưng không giới hạn phạm vi của sáng chế, trong đó:

Fig.1 và Fig.2 minh họa vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được chế tạo theo sáng chế.

Fig.3 và Fig.4 minh họa vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép đã được chế tạo từ thành phần thép theo các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Fig.5 minh họa sự ảnh hưởng của titan nitrua có kích thước lớn đến xu hướng phát triển của vết nứt, trong chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép đã được chế tạo từ thành phần thép theo các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Fig.6 minh họa sự ảnh hưởng của mangan sulfua kích thước lớn trong chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, được chế tạo từ thành phần thép theo các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Fig.7 là hình vẽ minh họa các vùng ngoài gần bề mặt của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép được sản xuất từ tấm thép có thành phần cụ thể, với các nguyên tố được thể hiện hiện theo phần trăm khối lượng bao gồm:

$0,062\% \leq C \leq 0,095\%$: hàm lượng cacbon cần phải không nhỏ hơn mức $0,062\%$ để đạt được đủ khả năng tôi và khả năng cứng hoá, và độ bền kéo thoả đáng sau khi tăng cứng bằng cách ép. Tối ưu, nếu hàm lượng C không nhỏ hơn $0,065\%$ để đạt được các tính chất như vậy một cách bền vững. Tuy nhiên, khi hàm lượng cacbon vượt quá mức $0,095\%$, tính dễ uốn và độ ngẫu hàn giảm.

$1,4\% \leq Mn \leq 1,9\%$: hàm lượng mangan cần phải không nhỏ hơn mức $1,4\%$ Mn để có đủ khả năng cứng hoá, để tạo ra cấu trúc với đủ tỷ lệ mactensit sau khi

tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, hàm lượng mangan vượt quá mức 1,9% làm tăng nguy cơ hình thành các phân tầng có vi cấu trúc dạng dải liên quan đến việc làm giảm độ dẻo.

$0,2\% \leq \text{Si} \leq 0,5\%$: silic có tác động trong quá trình khử oxy của thép ở trạng thái lỏng và quá trình tăng cứng sau khi tạo hình nóng. Để đạt được các hiệu quả này, Si phải lớn hơn 0,2%. Tuy nhiên, Si sẽ không được vượt quá mức 0,5% để tránh sự bền vững quá mức của austenit trong bước làm nguội trong quá trình tăng cứng bằng cách ép. Hơn thế nữa, hàm lượng Si cao như vậy có thể dẫn đến sự hình thành các oxit bề mặt cản trở sự gắn kết của lớp phủ trong quá trình sản xuất các tấm thép có lớp phủ kim loại.

$0,020\% \leq \text{Al} \leq 0,070\%$: khi được bổ sung với lượng không nhỏ hơn 0,020%, nhôm sẽ là một chất khử oxy rất hiệu quả ở trạng thái lỏng. Tuy nhiên, khi Al vượt quá mức 0,070%, sẽ có nguy cơ hình thành các aluminat thô ở trạng thái lỏng, dẫn đến làm giảm độ dẻo của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép.

$0,02\% \leq \text{Cr} \leq 0,1\%$: với lượng lớn hơn 0,02%, việc bổ sung crom sẽ có hiệu quả để làm tăng khả năng tôi trong quá trình tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, việc kết hợp cùng với các nguyên tố khác của thành phần này cũng làm tăng khả năng tôi, mức Cr lớn hơn 0,1% tạo thuận lợi cho việc có được cấu trúc mactensit đầy đủ thậm chí ở cả trong các vùng bị biến dạng, mà không có khả năng hình thành bainit để dẫn đến việc làm giảm độ dẻo.

$0,030\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%$: khi kết hợp với cacbon và/hoặc nitơ, niobi sẽ nằm dưới dạng Nb(CN). Việc hàm lượng Nb không nhỏ hơn mức 0,030% có thể thu được các kết tủa làm mịn trở lại cỡ hạt austenit trong quá trình nung nóng ngay trước khi tạo hình bằng cách ép nóng. Việc hạt austenit mịn hơn dẫn đến có được cấu trúc dạng dải mảnh hơn và làm tăng độ dẻo và độ dai. Tuy nhiên, hàm lượng vượt quá mức 0,060% làm cho tấm cán nóng có độ cứng cao khiến cho rất khó có thể thực hiện được việc cán dài nóng.

$3,4 \times \text{N} \leq \text{Ti} \leq 8 \times \text{N}$: titan kết tủa ở nhiệt độ cao dưới dạng các nitrua. Khi lượng Ti không nhỏ hơn mức $3,4 \times \text{N}$, thì việc một lượng nitơ thích đáng liên kết một cách bền vững với titan, khiến cho nitơ không còn để kết hợp với bo. Nhờ

vậy, bo có sẵn để khuếch tán về phía các đường bao hạt austenit và làm chậm sự biến đổi austenit khi làm nguội, nhờ vậy làm tăng khả năng tôi. Tuy nhiên, khi lượng titan vượt quá mức $8 \times N$, có nguy cơ là titan kết tủa ở trạng thái lỏng trong quá trình chế tạo thép, dẫn đến việc tạo ra các hạt titan nitrua thô làm giảm độ dẻo và tính dễ uốn sau khi tăng cứng bằng cách ép. Tốt hơn nữa là, hàm lượng Ti nhỏ hơn mức $7 \times N$.

$0,044\% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090\%$: tổng lượng niobi và titan cần phải không nhỏ hơn mức $0,044\%$ để tạo ra kết tủa góp phần có được độ bền kéo lớn hơn 950MPa sau khi tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, tổng lượng titan và niobi sẽ không được vượt quá mức $0,090\%$, do sẽ có nguy cơ tạo ra góc uốn nhỏ hơn 75° sau khi tăng cứng bằng cách ép.

$0,0002\% \leq B \leq 0,004\%$: với hàm lượng ít nhất là $0,0002\%$, bo ngăn ngừa sự hình thành ferit khi làm nguội và làm tăng khả năng tôi trong quy trình tăng cứng bằng cách ép. Hàm lượng của nó được giới hạn ở mức $0,004\%$ bởi vì ở trên mức này, hiệu quả của nó bão hoà và việc bổ sung thêm nữa là không có hiệu quả.

$0,001\% \leq N \leq 0,009\%$: hàm lượng nitơ được điều chỉnh trong quá trình chế tạo thép. Với hàm lượng không nhỏ hơn mức $0,001\%$, nitơ kết hợp với titan và niobi để tạo ra các nitrua và cacbonitrua hạn chế việc làm thô hạt austenit trong khi nung nóng để làm mảnh trở lại các dải mactensit và cấu trúc bainit thu được sau khi tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, hàm lượng N lớn hơn mức $0,009\%$ sẽ làm giảm góc uốn của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép và làm giảm độ dẻo. Tốt hơn nữa là, hàm lượng nitơ nhỏ hơn $0,3007\%$.

$0,0005\% \leq S \leq 0,003\%$: hàm lượng lưu huỳnh cần phải không lớn hơn mức $0,003\%$ do việc tạo ra các sulfua làm giảm tính dễ uốn và độ dẻo của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, hàm lượng S nhỏ hơn mức $0,0005\%$ sẽ đòi hỏi việc xử lý khử lưu huỳnh tốn kém, mà không có lợi ích đáng kể. Do vậy, hàm lượng S không nhỏ hơn mức $0,0005\%$ là được ưu tiên.

$0,001\% \leq P \leq 0,020\%$: khi có mặt với lượng lớn hơn mức $0,020\%$, phospho có thể tách ra ở các ranh giới hạt austenit và làm giảm độ dai của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép. Tuy nhiên, hàm lượng P nhỏ hơn mức $0,001\%$ sẽ

đòi hỏi việc xử lý tổn kém ở trạng thái lỏng, mà không có lợi ích đáng kể đến các tính chất cơ học của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép. Do vậy, hàm lượng P không nhỏ hơn mức 0,001% là được ưu tiên.

$0,0001\% \leq \text{Ca} \leq 0,003\%$: là một nguyên tố tùy ý, canxi có thể được bổ sung vào thành phần thép. Khi được bổ sung với hàm lượng không nhỏ hơn 0,0001%, Ca kết hợp với lưu huỳnh và oxy, nhờ vậy tạo ra các oxysulfua không có tác động bất lợi đến độ dẻo, như trong trường hợp tạo thêm các mangan sulfua. Hơn thế nữa, các oxysulfua này đóng vai trò làm các chất tạo mầm để kết tủa các hạt mịn (Ti, Nb) (C,N). Hiệu quả này bảo hoà khi hàm lượng Ca lớn hơn mức 0,003%.

$1,5\% \leq (\text{C} + \text{Mn} + \text{Si} + \text{Cr}) \leq 2,7\%$: cacbon, mangan, silic, crom là các nguyên tố làm tăng khả năng tôi. Tổng lượng các nguyên tố này được chọn ở dạng kết hợp để có thể đạt được kết quả được mong muốn: khi lượng (C+Mn+Si+Cr) nhỏ hơn mức 1,5% khối lượng, có nguy cơ là khả năng tôi không đủ để tạo ra phần bề mặt được mong muốn của mactensit. Tuy nhiên, khi tổng lượng các các nguyên tố này lớn hơn mức 2,7%, có nguy cơ tạo ra một lớn lớn mactensit mới mà có thể làm giảm độ dai của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép. Tốt hơn là, để đảm bảo các kết quả ổn định và rất hiệu quả về khả năng tôi và độ dai, thì các hàm lượng phải thoả mãn điều kiện: $1,7\% \leq (\text{C} + \text{Mn} + \text{Si} + \text{Cr}) \leq 2,3\%$.

Tiếp theo, vi cấu trúc của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế được mô tả. Việc mô tả vi cấu trúc này áp dụng cho phần lớn của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, có nghĩa là vi cấu trúc này có mặt trong ít nhất là 95% thể tích của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép nhằm đạt được các tính chất cơ học được mong muốn. Như sẽ 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 mà có thể khác với vi cấu trúc trong khối chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, hoặc do các thay đổi về vi cấu trúc mà có thể là do sự biến dạng cục bộ đáng kể trong bước tạo hình bằng cách ép, vi cấu trúc có thể khác biệt cục bộ ở các vùng khác nhau của chi tiết này, chúng chiếm dưới 5% thể tích của chi tiết này.

Do vậy, phần lớn của chi tiết được tăng cứng này chứa trên 50% mactensit ở phần bề mặt. Phần bề mặt này được xác định theo phương pháp sau: mẫu được cắt từ chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, được làm bóng và được khắc ăn mòn bằng chất phản ứng đã biết trong lĩnh vực này, để phát hiện vi cấu trúc. Sau đó, phần này được kiểm tra bằng kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi quét điện tử. Việc xác định phần bề mặt của mỗi cấu tử (mactensit, bainit, ferit, austenit) được thực hiện bằng phương pháp phân tích hình ảnh đã biết trong lĩnh vực này.

Mactensit có mặt ở dạng dải dài mảnh, được định hướng theo các hạt austenit nằm trước.

Tuỳ theo tốc độ làm nguội trong quy trình tăng cứng bằng cách ép và nhiệt độ chuyển hoá M_s của austenit thành mactensit, mactensit có thể có mặt dưới dạng mactensit mới và/hoặc dưới dạng mactensit tự ram. Các dấu hiệu cụ thể của các tiểu thành phần này có thể được xác định thông qua việc quan sát dưới kính hiển vi điện tử:

- mactensit tự ram xuất hiện dưới dạng các dải mảnh chứa sắt cacbua, các cacbua này được định hướng theo các phương $\langle 111 \rangle$ của mạng dải này. Nó được tạo ra bởi sự kết tủa của các cacbua trong khoảng nhiệt độ nhỏ hơn M_s , khi tốc độ làm nguội sau khi tạo hình nóng không quá cao để khiến cho có thể xảy ra sự kết tủa này.
- trái lại, mactensit mới, dưới dạng dải hoặc màng mỏng, không bao gồm các phần tử kết tủa cacbua như vậy.

Theo một phương án được ưu tiên của sáng chế, tổng các phần bề mặt mactensit mới và mactensit tự ram trong chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép chiếm 65 tới 100%. Dấu hiệu như vậy góp phần đạt được độ bền kéo ít nhất bằng 950MPa, khi tốc độ làm nguội trong quá trình tăng cứng bằng cách ép nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C.

Theo một phương án được ưu tiên khác, vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép chứa, ở phần bề mặt, ít nhất là 5% mactensit tự ram. Nhờ

đó, đạt được độ dẻo và tính dễ uốn cao, so với trường hợp mà trong đó vi cấu trúc chỉ gồm mactensit mới.

Vi cấu trúc của các chi tiết này cũng có thể gồm cả bainit, ở phần bề mặt với lượng dưới 40%, để làm tăng độ dai và tính dễ uốn của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép. So với trường hợp mà trong đó duy nhất mactensit có mặt trong cấu trúc này, bainit khiến cho có thể đạt được độ dẻo cao.

Vi cấu trúc của các chi tiết này cũng có thể gồm cả ferit. Tuy nhiên, cấu tử mềm và dẻo này không không dẫn đến việc có thể đạt được ứng suất kéo cao. Do vậy, một mục của sáng chế là sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 950 đến 1200MPa, phần bề mặt này của ferit cần phải không lớn hơn mức 5%, nếu không thì không thể đạt được độ bền mong muốn.

Vi cấu trúc của các chi tiết này cũng có thể gồm cả một tỷ lệ nhỏ austenit. mà ở nhiệt độ trong phòng, nó là austenit được giữ lại. Khi các hàm lượng cacbon và silic cao, thì nhiệt độ chuyển hoá của austenit khi làm nguội có thể giảm đến mức cho phép austenit ổn định ở nhiệt độ trong phòng. Austenit có thể có mặt dưới dạng các đảo nhỏ mactensit-austenit (hoặc "M-A"), liên quan đến hai loại này. Khi có mặt trong bề mặt phần với lượng nhỏ hơn 5%, austenit góp phần làm tăng độ dẻo. Tuy nhiên, khi phần austenit nhiều hơn, có nguy cơ là austenit này mất ổn định và không thể dễ dàng chuyển hoá thành mactensit mới trong trường hợp va chạm hoặc nhiệt độ giảm, dẫn đến làm giảm độ dai.

Do chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép phải có đặc tính dễ uốn cao, nên kích thước trung bình của các titan nitrua phải được kiểm soát cho mục đích như vậy. Kích thước trung bình của TiN có thể được xác định thông qua việc quan sát bằng cách quan sát dưới kính hiển vi điện tử quét và truyền qua. Cụ thể hơn, đã thấy rằng kích thước trung bình của TiN phải được giới hạn trong các vùng ngoài sát với bề mặt của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, là các vùng bị kéo căng nhất trong khi uốn. Các vùng này nằm giữa một phần tư chiều dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết này. Các vùng ngoài này, nằm song song với các bề mặt chính của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, được minh họa

dưới dạng hình vẽ chi tiết dạng mũ được tăng cứng bằng cách ép (hoặc dạng hình “ômêga”) trên Fig.7, trong đó chúng được ký hiệu là (A) và (B). Cần phải hiểu rằng việc minh họa các vùng ngoài này không chỉ giới hạn ở chi tiết dạng hình học mũ đặc trưng này, mà chúng có thể áp dụng cho dạng hình học bất kỳ của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép.

Nếu kích thước trung bình của TiN không nhỏ hơn 2 micromet, sự gây tổn hại được khởi đầu ở các ranh giới giữa các titan nitrua dạng hình chữ nhật và nền mang, và góc uốn có thể là nhỏ hơn 75° .

Trong các vùng ngoài này, cũng có nguy cơ khởi đầu sự gây tổn hại do sự có mặt của các sulfua bị kéo dài: các yếu tố này có thể có mặt khi hàm lượng lưu huỳnh kết hợp ở mức quá cao, chủ yếu với mangan, dưới dạng các phân tử kết tủa thô. Do có độ dẻo cao ở nhiệt độ cao, nên có thể dễ dàng kéo dài chúng bằng cách cán nóng và trong khi làm biến dạng nóng trong quá trình tăng cứng bằng cách ép. Do vậy, khi chiều dài trung bình của các sulfua lớn hơn 120 micromet trong các vùng ngoài (tức là tính từ một phần tư chiều dày đến bề mặt gần nhất), thì ứng suất phá huỷ có thể nhỏ hơn 0,60 do có sự bắt đầu dễ kéo của các sulfua này.

Chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được mô tả ở trên có thể không có lớp phủ hoặc tùy ý có lớp phủ. Lớp phủ này 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 thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế có thể có độ dày không đồng đều mà có thể có thể thay đổi. Nhờ vậy, có thể đạt được độ bền cơ học được mong muốn ở các vùng chịu áp lực bên ngoài nhất, và giảm bớt trọng lượng ở các vùng khác của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, để góp phần giảm bớt trọng lượng xe cộ. Cụ thể, các chi tiết có độ dày không đều có thể được tạo ra bằng cách cán linh hoạt liên tục, tức là bởi quy trình mà trong đó độ dày tấm đạt được sau khi cán sẽ biến thay đổi theo hướng cán, phụ thuộc vào tải trọng tác động thông qua các trục cán lên tấm cán trong quy trình cán này. Do vậy, với các điều kiện theo sáng chế, có thể sản xuất một cách thuận lợi các chi tiết ô tô có độ dày thay đổi như các thanh giằng trước và sau, các chi tiết

ngang bất ghe, các vòm dạng ống, các trụ chống, các chi tiết ngang đỡ tấm chắn, hoặc các vành cửa.

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

Bán thành phẩm dưới dạng tấm đúc hoặc dưới dạng thỏi, có thể đã được cán tiếp, có thành phần thép được mô tả ở trên. Độ dày của bán thành phẩm này thông thường nằm trong khoảng từ 50 đến 250mm.

Bán thành phẩm này được cán nóng để tạo ra tấm thép cán nóng và được cuộn ở nhiệt độ T_c . Nhiệt độ cuộn này cần phải không lớn hơn mức 550°C , nếu không thì sẽ xảy ra sự kết tủa quá mạnh của các niobi cacbonitrua, gây ra sự đông cứng và làm tăng sự khó khăn cho bước cán nguội tiếp sau. Nếu T_c không vượt quá mức 550°C , thì ít nhất 50% niobi tự do nằm lại trong tấm thép này. T_c cũng cần phải không nhỏ hơn mức M_s để tránh việc hình thành mactensit gây khó khăn thêm cho bước cán nguội.

Ở giai đoạn này, độ dày của tấm thép cán nóng có thể có thể nằm trong khoảng thông thường 1,5-4 mm. Đối với các ứng dụng trong đó độ dày cuối được mong muốn nằm trong khoảng 2,5-4mm, các tấm thép này có thể được ủ trực tiếp bằng quy trình được mô tả ở dưới. Đối với các ứng dụng đòi hỏi độ dày nằm trong khoảng 0,8-2,5mm, các tấm cán nóng được chọn lọc theo các điều kiện thông thường và được cán nguội tiếp. Tỷ lệ cán nguội được xác định theo cách sau: nếu t_i là độ dày trước khi cán nguội, và t_f là độ dày sau khi cán nguội, thì tỷ lệ cán là: $(t_i - t_f)/t_i$. Nhằm có được phần tái kết tinh lớn trong quá trình ủ tiếp sau, tỷ lệ cán nguội thông thường nằm trong khoảng từ 50 đến 80%.

Sau đó, tấm cán nóng, hoặc tấm cán nóng và được cán nguội tiếp sau, được ủ với dây nhiệt độ liên tiếp Ac_1-Ac_3 , ở nhiệt độ T_a được chọn để sao cho có dưới 10% phần không tái kết tinh. Khi phần không tái kết tinh này nhỏ hơn 10%, thì điều đã được chứng minh là độ phẳng của tấm thép này sau khi ủ đặc biệt tốt, cho phép có thể tạo ra các tấm hoặc phôi có thể sử dụng được để hàn bằng laze. Việc hàn bằng laze đòi hỏi các phôi có dung sai độ phẳng chính xác, nếu không thì các khuyết tật hình học có thể xuất hiện trong mối hàn do các khe hở tạo ra. Nhiệt độ ủ

Ta nằm trong khoảng từ 800 đến 850°C cho phép có thể có được kết quả tốt. Nhiệt độ ủ nằm trong khoảng được ưu tiên 800-835°C cho phép có được các kết quả rất ổn định.

Sau bước giữ ở nhiệt độ Ta, là các bước trung gian tiếp theo của quy trình này tùy thuộc vào loại tấm cần sản xuất:

- nếu tấm không có lớp phủ cần được sản xuất, tấm thép đã được ủ được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng.
- theo cách khác, tấm thép có lớp phủ lót kim loại có thể được sản xuất:

Nếu lớp phủ lót được mong muốn bằng nhôm, hợp kim trên cơ sở nhôm (tức là Al là thành phần chính tính theo phần trăm khối lượng của lớp phủ lót này) hoặc hợp kim nhôm (tức là lượng Al lớn hơn 50% khối lượng trong lớp phủ lót này), tấm thép này được nhúng nóng trong bể ở nhiệt độ nằm trong khoảng 670-680°C, nhiệt độ chính xác tùy thuộc vào thành phần của hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm. Lớp phủ phủ lót được ưu tiên là bằng Al-Si được tạo ra bằng cách nhúng nóng tấm này trong bể có chứa, tính theo khối lượng, từ 5% tới 11% Si, từ 2% tới 4% Fe, tùy ý, từ 0,0015 tới 0,0030% Ca, phần còn lại là Al và các tạp chất do quá trình nóng chảy tạo ra.

Sau đó, tấm này được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng. Theo một phương án tùy ý, tấm Al, hợp kim trên cơ sở Al, hoặc hợp kim Al có thể được xử lý nhiệt tiếp, ở nhiệt độ nằm trong khoảng 620-680°C, để hợp kim hoá sơ bộ lớp phủ lót trên nền thép này. Việc xử lý sơ bộ này sẽ cho phép nung nóng nhanh chóng hơn phôi thép trong quy trình tăng cứng bằng cách ép tiếp sau. Sau khi xử lý hợp kim hoá sơ bộ, lớp phủ lót này chứa ít nhất một lớp liên kim loại chứa Al và sắt, và tùy ý là silic, và không chứa Al tự do, hoặc không chứa pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, hoặc không chứa pha τ_6 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

Nếu lớp phủ lót được mong muốn bằng kẽm, hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm, tấm thép này được 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 liên tục hoặc được mạ, tức

là bao gồm việc xử lý nhiệt ngay sau khi mạ nhúng nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng 450-520°C để tạo ra lớp phủ lót chứa 7-11%Fe.

Theo một phương án tùy ý, quy trình tạo lớp phủ lót kim loại này có thể bao gồm kết lắng hai lớp, tức là lớp phủ lót kim loại gồm lớp nhôm hoặc là hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, được phủ trên nó bởi lớp hợp kim hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Sau đó, tấm thép đã được ủ này, hoặc là không có lớp phủ hoặc có lớp phủ, được thành một hình dạng định trước để tạo ra phôi phẳng để tạo hình nóng trong bước tiếp sau.

Theo một phương án tùy ý, trước bước nung nóng và tạo hình nóng trong máy ép, phôi này có thể được tạo hình nguội để tạo ra phôi đã được biến dạng sơ bộ. Việc làm biến dạng sơ bộ nguội này cho phép giảm bớt mức độ biến dạng trong bước tạo hình nóng tiếp theo.

Sau đó, phôi, hoặc là phẳng hoặc đã được làm biến dạng sơ bộ, được nung nóng ở nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C. Phương tiện nung nóng không bị giới hạn và có thể là bằng cách chiếu xạ, nung nóng cảm ứng, hoặc bằng cách dùng điện trở. Phôi đã được nung nóng này được giữ ở nhiệt độ T_m trong khoảng thời gian D_m từ 1 tới 10 phút. Khoảng nhiệt độ này cho phép tạo ra sự chuyển hoá toàn phần của thép thành austenit. Nếu phôi này có lớp phủ lót, việc xử lý này tạo ra sự khuếch tán qua lại của lớp phủ lót này với nền thép. Do đó, trong khi nung nóng, các pha liên kim loại được tạo ra một cách tạm thời hoặc vĩnh viễn bởi sự khuếch tán qua lại này, tạo điều kiện thuận lợi cho sự biến dạng tiếp sau trong máy ép nóng và tránh sự khử cacbon và oxy hóa bề mặt thép. Để tăng hiệu quả của quy trình, khoảng thời gian D_m nằm trong khoảng từ 1 đến 6 phút.

Sau các bước nung nóng và giữ, phôi đã được nung nóng này được rút ra từ thiết bị nung nóng, mà nó có thể là lò nung chẳng hạn. Phôi đã được nung nóng này được chuyển vào máy ép tạo hình, khoảng thời gian chuyển D_t dưới 10 giây. Việc chuyển này phải đủ nhanh để tránh sự hình thành ferit đa giác trước khi làm

biến dạng nóng trong máy ép, nếu không sẽ có nguy cơ là độ bền kéo của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép sẽ nhỏ hơn 950MPa.

Sau đó, phôi đã được nung nóng này được tạo hình nóng trong máy ép tạo hình, để tạo ra chi tiết thép đã được tạo hình. Trong bước tạo hình này, phương thức và mức độ biến dạng sẽ khác nhau trong từng trường hợp tùy thuộc vào dạng hình học của chi tiết cuối và dụng cụ tạo hình. Ví dụ, một số vùng có thể được mở rộng, trong khi các vùng còn lại được làm biến dạng co lại. Không phụ thuộc vào phương thức biến dạng, mức độ biến dạng tương đương ε_b có thể được xác định tại mỗi vị trí trong chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, 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 mức độ biến dạng chính. Do đó, ε_b thể hiện mức độ biến dạng do quy trình tạo hình nóng tạo ra ở mỗi vùng của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này.

Sau đó, chi tiết này được giữ trong dụng cụ ép của máy ép tạo hình để đảm bảo tốc độ làm nguội thích hợp và để tránh sự biến dạng do co ngót và sự biến đổi pha gây ra.

Chi tiết này chủ yếu được làm nguội bởi sự dẫn truyền thông qua sự truyền nhiệt với các dụng cụ ép. Các dụng cụ này có thể bao gồm vòng tuần hoàn tác nhân làm nguội để nâng cao tốc độ làm nguội, hoặc các hộp nung nóng để làm giảm tốc độ làm nguội. Do vậy, tốc độ làm nguội có thể được điều chỉnh thông qua việc sử dụng các phương tiện như vậy.

Để tạo ra chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế, chi tiết đã được tạo hình đầu tiên được làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C, với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây. Trong khoảng này, sự chuyển hoá austenit thành mactensit, cuối cùng là bainit, xảy ra.

Trong bước tiếp theo, chi tiết này được làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 450°C xuống 250°C, với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 15 đến 150°C/giây, chậm hơn so với tốc độ làm nguội CR1, tức là $CR2 < CR1$. Trong khoảng này, sự tự ram của mactensit có thể xảy ra với mức độ nhất định, tức là các cacbua min kết tủa. Độ dai tăng do bước tự ram này.

Các chi tiết được tạo ra theo phương pháp nêu trên có độ dày thông thường nằm trong khoảng từ 0,8 đến 4mm.

Các tác giả sáng chế đã tìm ra phương pháp để đạt được tính dẻo cao ở các vùng của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép mà ở đó thường xảy ra sự tập trung ứng suất khi sử dụng chi tiết này: khi các vùng trong máy ép nóng được làm biến dạng với mức biến dạng tương đương lớn hơn 0,15, các tác giả sáng chế đã thấy rằng cấu trúc của các vùng đã biến dạng này có các pha mảnh hơn và mềm hơn và dẻo hơn, có thể được tạo ra ở các vùng này.

Các tác giả sáng chế đã so sánh các vùng không biến dạng hoặc biến dạng ít (vùng biến dạng ít được xem là vùng có $\varepsilon < 0,05$) với các vùng có tác động ứng suất với mức lớn hơn 0,15. Độ cứng của các vùng chịu ứng suất cao, giảm trên 20HV1 (HV1 là độ cứng Vickers được đo dưới 1kg lực tải trọng) so với các vùng không hoặc chịu ít ứng suất trong chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Sự mềm hoá cục bộ này tương ứng với độ dai tăng. Tuy nhiên, mức độ mềm hoá chỉ giới hạn trong một chừng mực để các yêu cầu giới hạn chảy và độ bền kéo được đáp ứng trong các vùng đã biến dạng này.

Kích thước dải mactensit (mới hoặc tự ram)/bainit trung bình L_s đã được đo trong các vùng đã biến dạng nhiều hoặc ít. Sau khi khắc ăn mòn thích hợp để phát hiện vi cấu trúc, kích thước dải được xác định bằng phương pháp giao điểm đã biết trong lĩnh vực này. Trong các vùng mà ở đó ứng suất đã tác động lớn hơn mức 0,15, bề rộng dải bainit/mactensit trung bình nhỏ hơn $1\mu\text{m}$. Để so sánh, kích thước dải trung bình L_s trong các vùng biến dạng ít nằm trong khoảng 1-2,5 μm . Điều cũng đã được xác nhận là việc tác động ứng suất với mức lớn hơn 0,15 làm giảm kích thước dải trên 50%, so với các vùng ít biến dạng. Sự giảm kích thước dải này làm tăng khả năng chống phát sinh và phát triển vết nứt.

Do vậy, việc kết hợp thành phần thép và các thông số tăng cứng bằng cách ép, cho phép đạt được độ dẻo cao ở các vùng được dự liệu của các chi tiết này. Trong các ứng dụng ô tô, các chi tiết được tạo hình cần có độ dẻo cao trong trường hợp va chạm.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất chi tiết thép hàn được tăng cứng bằng cách ép có lớp phủ nhôm, ưu việt về các tính chất cơ học cao của chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép: để sản xuất chi tiết này, ít nhất một tấm thép thứ nhất có thành phần nêu trên, được phủ bằng Al, hoặc hợp kim trên cơ sở Al, hoặc hợp kim Al được tạo ra. Cùng với tấm thứ nhất này, ít nhất một tấm thép thứ hai, cũng có lớp phủ lót bằng Al, hoặc hợp kim trên cơ sở Al, hoặc hợp kim Al, được tạo ra. Các tấm này có thể có cùng thành phần hoặc có thành phần khác nhau, và cùng độ dày hoặc có độ dày khác nhau. Trong trường hợp có thành phần khác nhau, điều đã được xác nhận là hàm lượng cacbon của tấm thép thứ hai cần phải nằm trong khoảng từ 0,065 đến 0,38% khối lượng, để tạo ra mối hàn có các đặc tính dẻo được mong muốn.

Các tấm thứ nhất và thứ hai này được hàn dọc theo một trong các mép tương ứng của chúng. Trên các mép này, một phần độ dày của lớp phủ lót Al được loại bỏ. Việc loại bỏ này có thể được thực hiện thông qua việc cắt gọt bằng xung laze, hoặc thông qua việc cắt gọt cơ học. Mục đích của việc cắt gọt này là để tránh việc lượng Al quá cao của lớp phủ lót nóng chảy và kết hợp vào trong kim loại hàn. Tùy theo độ dày lớp phủ lót Al ban đầu, và độ dày của các tấm, lượng Al cần được loại bỏ bằng cách cắt gọt có thể là nhiều hoặc ít. Các tác giả sáng chế đã cho thấy rằng các điều kiện cắt gọt phải được làm thích ứng để sao cho hàm lượng Al trong kim loại hàn được tạo ra giữa tấm thứ nhất và tấm thứ hai, nhỏ hơn 0,3% khối lượng. Nếu không thì, một trong hai liên kim loại giòn này có thể kết tủa trong mối hàn, hoặc hàm lượng Al cao có thể ngăn cản sự chuyển hoá thành austenit khi nung nóng trước khi tạo hình bằng cách ép, do nhôm có đặc tính anpha.

Do vậy, khi các điều kiện này được đáp ứng, các tấm thứ nhất và thứ hai có thể được tăng cứng bằng cách ép trong các điều kiện được mô tả ở trên, mà không có nguy cơ nứt trong khi tạo hình nóng. Chi tiết hàn được tăng cứng bằng cách ép đã được tạo ra như vậy, trong đó kim loại hàn và các tấm thứ nhất và thứ hai đã được tăng cứng bằng cách ép trong cùng một công đoạn, sẽ có các tính chất độ bền cơ học và độ dẻo cao.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, sáng chế được minh họa bởi các ví dụ không nhằm mục đích giới hạn sau đây.

Ví dụ 1

Các thép có thành phần nêu trong bảng 1, được thể hiện theo phần trăm khối lượng, được tạo ra dưới dạng tấm đúc. Các tấm đúc này đã được nung nóng ở 1250°C, cán nóng và cuộn ở 520°C. Sau khi lựa chọn, các tấm cán nóng được cán nguội xuống độ dày 1,5mm, với tỉ lệ cán 50%. Sau đó, các tấm này được ủ ở 830°C, để có được phân bố mặt không tái kết tinh nhỏ hơn 10%, và được phủ lót bằng Al-Si bằng cách nhúng nóng liên tục trong bể ở 675°C. Độ dày của lớp phủ lót này là 25µm ở cả hai mặt. Các tấm có lớp phủ lót này sau khi được cắt thành phiôi được tăng cứng tiếp bằng cách ép.

Bảng 1: thành phần thép (% khối lượng)

	C	Mn	Si	Al	Cr	Nb	Ti	B	N	S	P	Nb+Ti	C+Mn+ Cr+Si	Các chất khác
I1	0,090	1,5	0,26	0,034	0,05	0,048	0,021	0,002	0,0045	0,0016	0,006	0,069	1,90	
I2	0,091	1,67	0,265	0,040	0,03	0,036	0,019	0,003	0,004	0,002	0,008	0,055	2,056	
I3	0,08	1,54	0,29	0,040	0,04	0,038	0,022	0,0021	0,005	0,002	0,010	0,060	1,95	
I4	0,064	1,61	0,44	0,030	0,07	0,052	0,021	0,0032	0,0043	0,001	0,007	0,073	2,184	
R1	<u>0,22</u>	<u>1,16</u>	0,26	0,030	<u>0,17</u>	-	0,035	0,003	0,005	0,001	0,012	<u>0,035</u>	1,81	
R2	<u>0,12</u>	1,78	0,261	0,040	<u>0,75</u>	<u>0,075</u>	0,023	0,0035	0,005	0,003	0,008	<u>0,098</u>	<u>2,911</u>	Mo: 0,2
R3	<u>0,060</u>	1,6	0,20	0,040	-	0,048	<u>0,07</u>	-	0,005	0,002	0,015	<u>0,118</u>	1,86	
R4	0,093	1,7	0,245	0,040	0,05	-	0,022	0,0035	0,005	<u>0,004</u>	0,012	<u>0,022</u>	2,088	

Các trị số gạch chân: theo các giải pháp kỹ thuật đã biết

Bảng 2: các điều kiện tăng cứng bằng cách ép, cụ thể là nhiệt độ nung nóng T_m, khoảng thời gian nung nóng D_m, khoảng thời gian chuyển D_t, và các tốc độ làm nguội CR1 và CR2, đã được áp dụng

Điều kiện	T _m (°C)	D _m (phút)	D _t (giây)	CR1 (°C/giây)	CR2 (°C/giây)
A	900	4	6	291	89
B	905	4	8	50	22
C	<u>870</u>	5	5	45	18

D	900	4	5	<u>450</u>	<u>250</u>
E	940	10	6	185	45

Các trị số gạch chân: theo các giải pháp kỹ thuật đã biết

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 20 x 80 mm² theo tiêu chuẩn ISO (EN 10002-1)

Góc uốn tới hạn được xác định trên các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép 60x60 mm² được đỡ bởi hai trục cán, theo tiêu chuẩn uốn VDA-238. Sự uốn được tạo ra bởi mũi đột nhọn bán kính 0,4mm. Khoảng cách giữa các trục cán và mũi đột bằng độ dày của các chi tiết được thử nghiệm, cộng thêm khe hở 0,5mm. Sự xuất hiện nứt được phát hiện cùng lúc với tải trọng giảm trên đường cong tải trọng. Các thử nghiệm bị gián đoạn khi tải trọng giảm xuống dưới 30N trị số tối đa của nó. Góc uốn (α) của từng mẫu được đo sau khi tháo tải và sau khi mẫu đã giãn bật trở lại. Năm mẫu dọc theo cả hai hướng (hướng cán và hướng vuông góc) được uốn để thu được giá trị trung bình α_A của góc uốn.

Ứng suất phá huỷ được xác định thông qua việc uốn các mẫu ở các điều kiện ứng suất dạng phẳng, là điều kiện khắc nghiệt nhất khi có va chạm xe cộ. Từ các thử nghiệm này, có thể xác định được độ dịch tới hạn của khi sự phá huỷ xảy ra. Mặt khác, phép phân tích nguyên tố Finite cho phép mô hình hoá sự uốn cong của mẫu như vậy, tức là để biết mức độ ứng suất thể có mặt trong vùng cong đối với độ dịch tới hạn như vậy. Ứng suất trong điều kiện tới hạn như vậy là ứng suất phá huỷ vật liệu.

Các kết quả của các thử nghiệm cơ học như vậy được đưa ra trong bảng 3. Để so sánh, các điều kiện thử nghiệm gắn liền với thành phần thép và các thành phần tăng cứng bằng cách ép. Theo đó, I1B chỉ ví dụ liên quan đến thành phần thép I1 được thử nghiệm cùng với điều kiện B.

Bảng 3 cũng thể hiện các dấu hiệu vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép. Phần bề mặt của các thành phần khác nhau được xác định bằng cách đánh bóng và khắc ăn mòn các mẫu bằng các chất phản ứng khác nhau

(Nital, Picral, Bechet-Beaujard, natri metabisulfít và LePera) để phát hiện các thành phần cụ thể. Việc định lượng phần bề mặt được thực hiện thông qua phép phân tích hình ảnh và phần mềm AphelionTM, trên nhiều hơn mười vùng đại diện có kích thước ít nhất là $100 \times 100 \mu\text{m}^2$.

Việc xác định TiN và các sulfua được thực hiện bằng cách soi bằng kính hiển vi quang học, kính hiển vi điện tử quét liên quan đến phép vi phân tích X. Các phân tích này được tiến hành trên các vùng nằm sát các bề mặt của các mẫu, trong đó ứng suất là quan trọng nhất ở chế độ uốn. Các vùng nằm dưới bề mặt này là nằm giữa khoảng một phần tư chiều dày và bề mặt gần nhất của các chi tiết. Trong mỗi trường hợp, được xác định nếu kích thước trung bình của TiN trên mức $2 \mu\text{m}$, và nếu kích thước trung bình của các sulfua trên mức $120 \mu\text{m}$.

Bảng 3: các tính chất cơ học và các dấu hiệu vi cấu trúc của các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép

Thử nghiệm	YS (MPa)	TS (MPa)	Góc uốn tới hạn α_A (°)	Ứng suất phá huỷ	Mactensit (%)	Mactensit tự ram (%)	Bainit (%)	Austenit (%)	Ferit (%)	Kích thước TiN < $2 \mu\text{m}$	Kích thước MnS < $120 \mu\text{m}$
I1B	814	1020	101	0,85	80	30	18	1	1	Có	Có
I2A	874	1137	84	0,65	96	10	3	1	0	Có	Có
I3A	940	1121	84	0,64	94	10	5	1	0	Có	Có
I4E	824	1056	91	0,74	89	20	10	1	0	Có	Có
<u>R1A</u>	<u>1162</u>	<u>1504</u>	<u>61</u>	<u>0,37</u>	100	<u>3</u>	0	0	0	Có	Có
<u>I2C</u>	<u>666</u>	1024	117	0,9	<u>40</u>	25	30	2	<u>28</u>	Có	Có
<u>R2D</u>	<u>1191</u>	<u>1413</u>	82	<u>0,59</u>	99	<u>2</u>	0	1	0	Có	Có
<u>R3B</u>	<u>421</u>	<u>616</u>	138	1,2	<u><10</u>	<10	<10	<2	<u>>75</u>	<u>Không</u>	Có
<u>R4A</u>	909	1166	<u>73</u>	<u>0,57</u>	95	25	<5	<2	0	Có	<u>Không</u>

Các trị số gạch chân: theo các giải pháp kỹ thuật đã biết

Trong các thử nghiệm I1B, I2A, I3A, I4E, các thành phần và các điều kiện tăng cứng bằng cách ép theo sáng chế và các dấu hiệu vi cấu trúc được mong muốn được đưa ra. Kết quả là, các tính chất chịu kéo cao, tính dẻo cao và độ bền chịu va đập đã đạt được. Vi cấu trúc của các chi tiết I1B và I2A, khi được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét, lần lượt được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2. Một số chi tiết liên quan đến các thành phần này được ghi chú trên các vi ảnh này.

Trong thử nghiệm R1A, hàm lượng C, Mn, Cr, Nb không đáp ứng các điều kiện theo sáng chế. Ngay cả khi các điều kiện tăng cứng bằng cách ép là nằm trong các khoảng theo sáng chế, lượng mactensit tự ram là quá thấp và góc uốn và ứng suất phá huỷ không đáp ứng các giá trị được yêu cầu.

Trong thử nghiệm I2C, ngay cả khi thành phần nằm tương ứng với các khoảng theo sáng chế, nhiệt độ nung nóng T_m là quá thấp. Kết quả là, phần ferit ở bề mặt là quá cao và phần mactensit ở bề mặt là quá thấp. Do đó, giới hạn chảy 700MPa là không thể đạt được.

Trong thử nghiệm R2D, do tốc độ làm nguội CR1 và CR2 cao, nên lượng mactensit tự ram là quá thấp.

Trong thử nghiệm R3B, các hàm lượng C, Cr và B quá thấp. Do vậy, do khả năng cứng hoá không đủ, nên hàm lượng ferit quá cao và giới hạn chảy và ứng suất kéo cần thiết không thể đạt được. Vi cấu trúc của R3B được minh họa trên Fig.3. Với một xử lý nhất định (B), sự ảnh hưởng của thành phần thép có thể thấy được thông việc so sánh các vi cấu trúc của các chi tiết I1B (theo sáng chế) và R3B (theo các giải pháp kỹ thuật đã biết). Hơn thế nữa, hàm lượng Ti cao dẫn đến sự hình thành TiN có kích thước lớn hơn $2\mu m$. Trong các thử nghiệm phá huỷ, một số vùng chia tách đã được quan sát. Fig.5 minh họa các vùng giòn này tương ứng với sự có mặt của TiN (mũi tên chỉ trên Fig.5) đóng vai trò làm các vị trí khởi đầu chia tách. TiN thô này nằm sát với bề mặt của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép, tức là trong các vùng ngoài nằm giữa một phần tư chiều dày và bề mặt gần nhất của chi tiết này. Kết quả là, ứng suất phá huỷ là quá thấp.

Trong thử nghiệm R4A, các hàm lượng Nb và S không đáp ứng các điều kiện của sáng chế. Vi cấu trúc của chi tiết R4A được minh họa trên Fig.4. Các thành phần của các thép I4A và R4A gần như tương đương, chỉ khác về các hàm lượng Nb và S. Thông qua việc so sánh giữa Fig.1 và Fig.4, có thể thấy rằng việc cỡ hạt austenit trước đó lớn khi không có mặt Nb, dẫn đến sự hình thành dải mactensit dài hơn, làm giảm khả năng chống tiến triển nứt. Hơn thế nữa, R4A có hàm lượng lưu huỳnh cao, dẫn đến sự hình thành của MnS kéo dài như được minh họa trên Fig.6. Các dải sulfua dài này nằm sát các vùng ngoài nằm giữa một phần

tư chiều dày và bề mặt gần nhất của chi tiết này. Kết quả là, góc uốn tới hạn và ứng suất phá huỷ là quá thấp.

Ví dụ 2

Các thử nghiệm hàn điện bằng điện trở được thực hiện trên các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép được sản xuất theo các điều kiện I2A và R1A nêu trên. Các thông số hàn: dòng điện: 7,2kA, lực hàn: 450daN. Các thử nghiệm độ cứng được thực hiện trên các mối hàn điểm đã được cắt và làm bóng để xác định sự hoá mềm cuối trong các vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt nung nóng kim loại hàn. Các chu kỳ nhiệt liên quan đến mỗi hàn tạo ra một gradien nhiệt độ trong khoảng từ nhiệt độ trong phòng tới khi thép hoá lỏng. Việc nung nóng ở nhiệt độ trong khoảng Ac1-Ac3 có thể dẫn đến hoá mềm vì cấu trúc của chi tiết được tăng cứng bằng cách ép này. Sự hoá mềm này được đánh giá bởi sự chênh lệch giữa độ cứng kim loại nền và trị số độ cứng tối thiểu trong vùng bị ảnh hưởng nhiệt. Khi sự hoá mềm này là đáng kể, thì áp lực tác động từ bên ngoài có thể bị tập trung ở vùng đã hoá mềm này, sẽ gây ra sự phá huỷ sớm do sự tập trung ứng suất này. Các thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện trên các mối hàn điện bằng điện trở, và độ giãn dài toàn phần của các mối hàn này được đo. So với độ giãn dài của kim loại nền, các mối hàn có sự thay đổi độ giãn dài có thể là nhiều hoặc ít hơn khi so với kim loại nền. Do vậy, mức thay đổi độ giãn dài tương đối được xác định theo công thức: (độ giãn dài của kim loại nền- độ giãn dài của mối hàn)/độ giãn dài của kim loại nền. Các kết quả được đưa ra trong bảng 4.

Bảng 4: mức thay đổi độ cứng trong vùng bị ảnh hưởng nhiệt của các mối hàn điện bằng điện trở và ảnh hưởng của nó đến độ giãn dài toàn phần

Điều kiện thử nghiệm	Sự hoá mềm HAZ (Độ cứng Vickers HV1)	Sự hoá mềm tương đối (kim loại nền HV - HV HAZ)/kim loại nền HV (%)	Mức thay đổi độ giãn dài tương đối (%)
I2A	90	25%	0%
R1A	200	40%	65%

Lượng hoá mềm HAZ ít thấy ở chi tiết được tăng cứng bằng cách ép I2A, được sản xuất theo sáng chế, so với chi tiết đối chứng R1A. Cho dù có sự hiện diện vùng hoá mềm này, song không thấy có sự giảm độ giãn dài đối với điều kiện theo I2A, trong khi sự giảm độ giãn dài là đáng kể đối với mẫu đối chứng R1A.

Ví dụ 3

Các tấm thép Al-Si có lớp phủ lót có các thành phần I2 và R1 được tạo ra. Như đã giải thích ở trên, quy trình chế tạo cho phép tạo ra các phôi có dung sai độ phẳng chính xác để cho phép hàn bằng laze.

Hơn thế nữa, tấm thép, dày 1,5mm, có lớp phủ lót Al-Si dày 25 μ m, có thành phần nêu trong bảng 5, cũng được tạo ra.

Bảng 5: thành phần thép R5 (% khối lượng)

	C	Mn	Si	Al	Cr	Nb	Ti	V	Mo	Ni	B	N	S	P
R5	0,34	0,63	0,56	0,04	0,36	0,04	0,03	0,03	0,19	0,4	0,003	0,005	0,002	0,004

Khi được tăng cứng bằng cách ép trong điều kiện A, thép này có thể đạt được độ bền kéo UTS khoảng 2000MPa.

Toàn bộ các phôi thép có lớp phủ lót Al-Si được cắt gọt một trong các mép ngoài của chúng. Phần kim loại của lớp phủ Al-Si được cắt gọt, trong khi lớp liên kim loại nằm giữa nền thép và lớp phủ lót được để lại. Việc cắt gọt này được thực hiện bằng Laze YAG, 4kW, với đốm hội tụ 1mm², trên các mặt trên và mặt dưới của các tấm có lớp phủ lót này.

Sau đó, việc hàn bằng laze được thực hiện bằng laze 4kW YAG Laze, với tốc độ hàn 6m/Mn, dưới chụp khí Heli. Các chế độ khác nhau được thử nghiệm:

- hàn thuần nhất: tấm thép I2 được hàn với một tấm thép I2 khác
- hàn không thuần nhất: tấm thép I2 được hàn với tấm thép R2 hoặc R5. Trong trường hợp này, thép I2 (C=0,091%) được gắn với thép có hàm lượng C cao (0,22% đối với R1 và 0,34% đối với R5).

Trong tất cả các trường hợp, việc cắt gọt được thực hiện trước khi hàn để đạt được hàm lượng nhôm trong kim loại hàn nhỏ hơn mức 0,3%. Do vậy, tránh được sự hình thành các hợp chất liên kim loại và đạt được sự chuyển hoá hoàn

toàn của kim loại hàn thành austenit, trước khi tăng cứng bằng cách ép. Toàn bộ các mối nối hàn được nung nóng và được tăng cứng bằng cách ép theo điều kiện A nêu trong 2, để sản xuất các chi tiết thép hàn bằng laze được tăng cứng bằng cách ép. Do vậy, các thành phần khác nhau của các mối hàn (các tấm thép xung quanh mối hàn, và chính mối hàn) được tăng cứng bằng cách ép trong cùng một công đoạn. Các mẫu kéo được gia công theo phương vuông góc với mối hàn và trong các vùng thép nền liền kề. Các kết quả đối với các mối hàn này được so sánh với các kết quả của các vùng thép nền liền kề.

Bảng 6: Các kết quả của các thử nghiệm độ bền kéo được thực hiện trên các mối hàn được tăng cứng bằng cách ép

Tổ hợp hàn được tăng cứng bằng cách ép	Kết quả
I2+I2	TS - 1150 MPa
I2+R2	độ bền của mối hàn tương đương với độ bền của I2+I2
I2+R5	độ bền của mối hàn tương đương với độ bền của I2+I2

Do vậy, với điều kiện các mối hàn Al-Si chứa dưới 0,3% Al, tấm thép theo sáng chế đều có thể hàn được với các tấm thép có C tối đa 0,34% mà không có nguy cơ gây rạn nứt.

Ví dụ 4

Thép I1 được tạo ra và được tăng cứng bằng cách ép trong điều kiện B nêu trong bảng 2, để sản xuất các chi tiết có các hình dạng “omega” khác nhau. Việc này cho phép có thể tạo ra các vùng có mức biến dạng nhỏ ($\epsilon_b < 0,05$), và các vùng có $\epsilon_b = 0,18$. Các vùng có $\epsilon_b = 0,18$ là tương ứng với các vùng có sự tập trung ứng suất trong các điều kiện sử dụng.

Các mẫu được cắt từ các chi tiết thép và được khắc ăn mòn bằng Nital để phát hiện vi cấu trúc. Các mẫu này được quan sát bằng kính hiển vi điện tử có súng phát từ trường, với độ phóng đại 5000 và 10000. Các vùng được quan sát chủ yếu gồm mactensit (mới hoặc tự ram) và bainit. Độ rộng trung bình của các dải

mactensit và bainit (tức là không có sự phân biệt giữa hai thành phần này) được xác định bằng phương pháp giao điểm. Ngoài ra, việc đo độ cứng Vickers được thực hiện ở các vùng khác nhau.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 7.

Bảng 7: Độ rộng dải trung bình

	Độ rộng dải trung bình (micromet)	Độ cứng vickers (HV1)
$\delta b < 0,05$	2,09	375
$\delta b = 0,18$	0,82	350

Các vùng chịu ứng suất có độ cứng giảm 25 HV. Với trị số độ cứng ước tính này, UTS của vùng chịu ứng suất này khoảng 1050MPa, đáp ứng giá trị được yêu cầu. Liên quan đến chiều rộng dải trung bình, vùng chịu ứng suất có chiều rộng dải trung bình giảm 50% so với các vùng chịu ít hoặc không chịu ứng suất. Do vậy, cấu trúc dạng dải mảnh trong các vùng biến dạng cho phép có được độ dai cao ở các vùng cực kỳ quan trọng khi sử dụng chi tiết.

Do vậy, các chi tiết thép được sản xuất theo sáng chế có thể được sử dụng một cách thuận lợi cho việc chế tạo chi tiết kết cấu hoặc chi tiết bảo vệ của xe cộ.

Yêu cầu bảo hộ

1. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép, trong đó thành phần hoá học của thép, tính theo khối lượng, bao gồm:

$$0,062 \leq C \leq 0,095\%$$

$$1,4\% \leq Mn \leq 1,9\%$$

$$0,2\% \leq Si \leq 0,5\%$$

$$0,020\% \leq Al \leq 0,070\%$$

$$0,02\% \leq Cr \leq 0,1\%,$$

$$\text{trong đó: } 1,5\% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,7\%$$

$$0,040\% \leq Nb \leq 0,060\%$$

$$3,4 \times N \leq Ti \leq 8 \times N$$

$$\text{trong đó: } 0,044\% \leq (Nb + Ti) \leq 0,090\%$$

$$0,0005 \leq B \leq 0,004\%$$

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

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

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

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

và trong đó vi cấu trúc chiếm phần lớn trong chi tiết này trong các phần bề mặt bao gồm: dưới 40% bainit, dưới 5% austenit, dưới 5% ferit, phần còn lại là mactensit, mactensit này bao gồm mactensit mới và mactensit tự ram.

2. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học của thép còn bao gồm: $0,0001\% \leq Ca \leq 0,003\%$.

3. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 1, trong đó điều kiện $1,7\% \leq (C + Mn + Si + Cr) \leq 2,3\%$ được thoả mãn.

4. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, trong đó điều kiện $0,065\% \leq C \leq 0,095\%$ được thoả mãn.

5. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 4, trong đó vi cấu trúc chiếm ít nhất 5% trong phần bề mặt của mactensit tự ram.
6. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, trong đó tổng các phần bề mặt mactensit mới và mactensit tự ram chiếm 65 tới 100%.
7. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 6, trong đó kích thước trung bình của các titan nitrua nhỏ hơn 2 micromet trong các vùng ngoài nằm giữa một phần tư chiều dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết này.
8. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 7, trong đó chiều dài trung bình của các sulfua nhỏ hơn 120 micromet trong các vùng ngoài nằm giữa một phần tư chiều dày của chi tiết, và bề mặt gần nhất của chi tiết này.
9. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 8, trong đó chi tiết này bao gồm ít nhất một vùng biến dạng nóng (A) với mức độ biến dạng $\overline{\varepsilon_c}$ lớn hơn 0,15, và ít nhất một vùng (B) có chu kỳ làm nguội đều theo thực nghiệm trong quá trình tăng cứng bằng cách ép lớn hơn vùng (A), trong đó mức độ biến dạng $\overline{\varepsilon_c}$ nhỏ hơn 0,05.
10. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 9, trong đó mức độ chênh lệch về độ cứng giữa ít nhất một vùng (B) và ít nhất một vùng biến dạng nóng (A) là lớn hơn 20HV.

11. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 9 hoặc 10, trong đó chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong ít nhất một vùng biến dạng nóng (A) được thu nhỏ nhiều hơn 50% so với chiều rộng dải của cấu trúc mactensit-bainit trong ít nhất một vùng (B).
12. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 tới 11, trong đó chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong ít nhất một vùng biến dạng nóng (A) nhỏ hơn $1\mu\text{m}$.
13. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 tới 12, trong đó chiều rộng dải trung bình của cấu trúc mactensit-bainit trong ít nhất một vùng (B), nằm trong khoảng từ 1 đến $2,5\mu\text{m}$.
14. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 13, trong đó chi tiết này được phủ bởi lớp phủ kim loại.
15. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 14, trong đó lớp phủ kim loại là hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm.
16. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 14, trong đó lớp phủ kim loại là hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm.
17. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 16, trong đó thép này có giới hạn chảy nằm trong khoảng từ 700 đến 950MPa, ứng suất kéo TS nằm trong khoảng từ 950 đến 1200MPa, và góc uốn lớn hơn 75° .
18. Chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 17, trong đó chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép này có độ dày thay đổi.

19. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 18, trong đó độ dày thay đổi được tạo ra bởi quy trình cán liên tục.

20. Chi tiết thép hàn bằng laze đã được tăng cứng bằng cách ép, trong đó ít nhất một chi tiết thứ nhất của chi tiết thép hàn này là chi tiết theo điểm 16, được hàn vào ít nhất một chi tiết thép thứ hai, có thành phần của nó bao gồm 0,065 tới 0,38% khối lượng cacbon, và trong đó kim loại hàn giữa ít nhất một chi tiết thép thứ nhất và ít nhất một chi tiết thép thứ hai có hàm lượng nhôm nhỏ hơn 0,3% khối lượng, và trong đó ít nhất một chi tiết thép thứ nhất, ít nhất một chi tiết thép thứ hai, và kim loại hàn nêu trên, được tăng cứng bằng cách ép trong cùng một công đoạn.

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

- tạo ra bán thành phẩm thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 4, tiếp đó
- cán nóng bán thành phẩm này để tạo ra tấm thép cán nóng, tiếp đó
- cuộn tấm thép cán nóng này với nhiệt độ cuộn T_c nằm trong khoảng từ 550°C đến M_s , M_s là nhiệt độ bắt đầu chuyển hoá mactensit của tấm thép nêu trên, để tạo ra tấm thép đã được cuộn, tiếp đó
- tùy ý, cán nguội tấm thép đã cuộn này, tiếp đó
- ủ tấm thép này ở nhiệt độ ủ T_a để đạt được dưới 10% phần vùng chưa được tái kết tinh, để tạo ra tấm thép đã được ủ, tiếp đó
- cắt tấm thép đã được ủ này thành một hình dạng định trước, để tạo ra phôi, tiếp đó
- nung nóng phôi này và giữ phôi này ở nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C , khoảng thời gian giữ D_m ở nhiệt độ này từ 1 tới 10 phút, để tạo ra phôi đã được nung nóng, tiếp đó

- chuyển phôi đã được nung nóng này vào trong máy ép tạo hình, khoảng thời gian chuyển Dt dưới 10 giây, tiếp đó
- tạo hình nóng phôi đã được nung nóng này trong máy ép tạo hình để tạo ra chi tiết thép đã được tạo hình, tiếp đó
- làm nguội chi tiết thép đã được tạo hình này với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C, và với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 15 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 450°C xuống 250°C, trong đó $CR2 < CR1$, trong đó chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép bao gồm vi cấu trúc, mà chiếm phần lớn trong chi tiết này, trong các phần bề mặt bao gồm: dưới 40% bainit, dưới 5% austenit, dưới 5% ferit, phần còn lại là mactensit, mactensit này bao gồm mactensit mới và mactensit tự ram.

22. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 21, trong đó tấm cán nguội được cán nguội với tỉ lệ cán nằm trong khoảng từ 50 đến 80%.

23. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 21 hoặc 22, trong đó nhiệt độ ủ Ta nằm trong khoảng từ 800 đến 850°C.

24. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 23, trong đó nhiệt độ ủ Ta nằm trong khoảng từ 800 đến 835°C.

25. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 24, trong đó phôi được tạo hình nguội trước khi nung nóng phôi này ở nhiệt độ Tm.

26. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 25, trong đó việc tạo hình nóng được thực hiện với

mức độ biến dạng $\overline{\varepsilon_c}$ lớn hơn 0,15 trong ít nhất một vùng biến dạng nóng của chi tiết này.

27. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm 21 tới 26, trong đó tấm thép đã được ủ được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại, trước khi cắt phôi thép đã được ủ này thành một hình dạng định trước.

28. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 27, trong đó lớp phủ lót kim loại là kẽm, hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm, hoặc hợp kim kẽm.

29. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 26, trong đó lớp phủ lót kim loại là nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm.

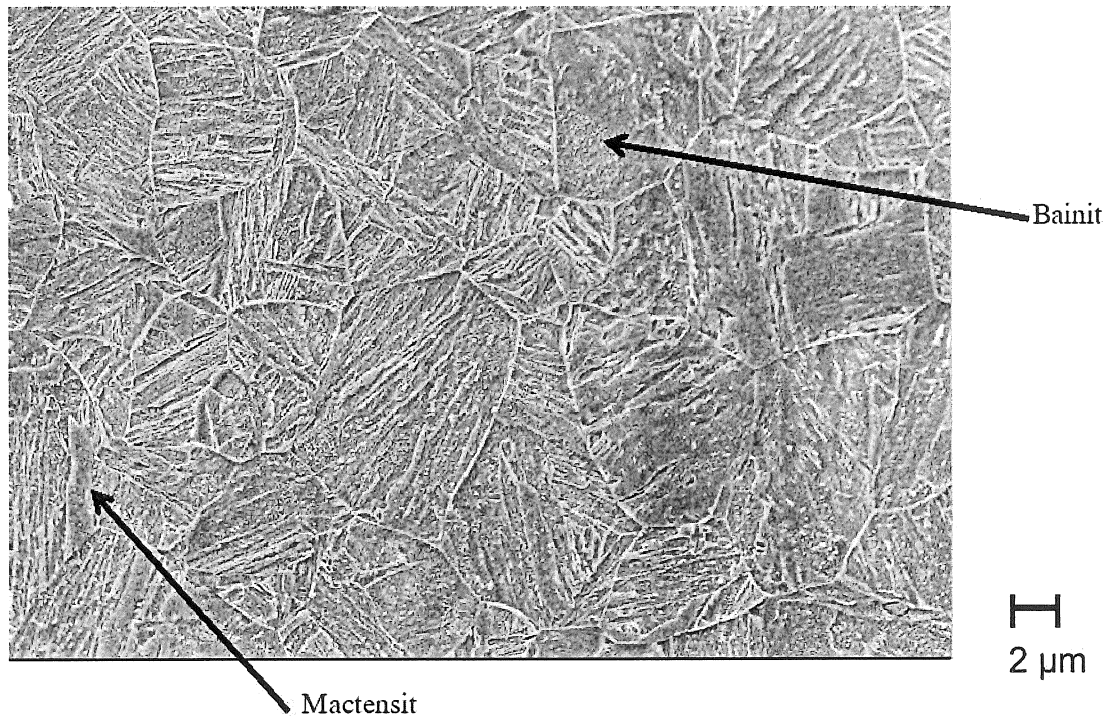
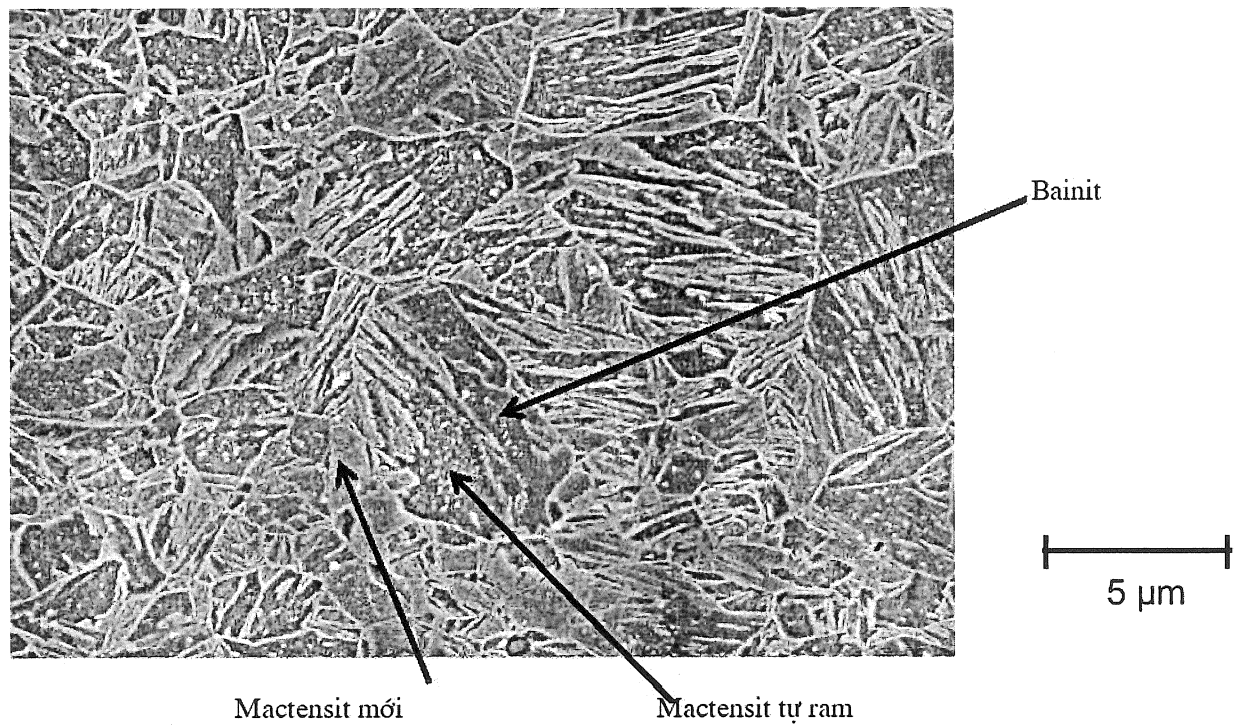
30. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 27, trong đó tấm đã được phủ lót được phủ lót bằng ít nhất một lớp liên kim loại chứa nhôm (Al) và sắt (Fe), và tùy ý là silic, và trong đó lớp phủ lót này không chứa Al tự do, không chứa pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, hoặc không chứa pha τ_6 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

31. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép theo điểm 27, trong đó lớp phủ lót kim loại là lớp nhôm hoặc là hợp kim trên cơ sở nhôm hoặc hợp kim nhôm, được phủ trên nó bởi lớp hợp kim hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm hoặc hợp kim kẽm.

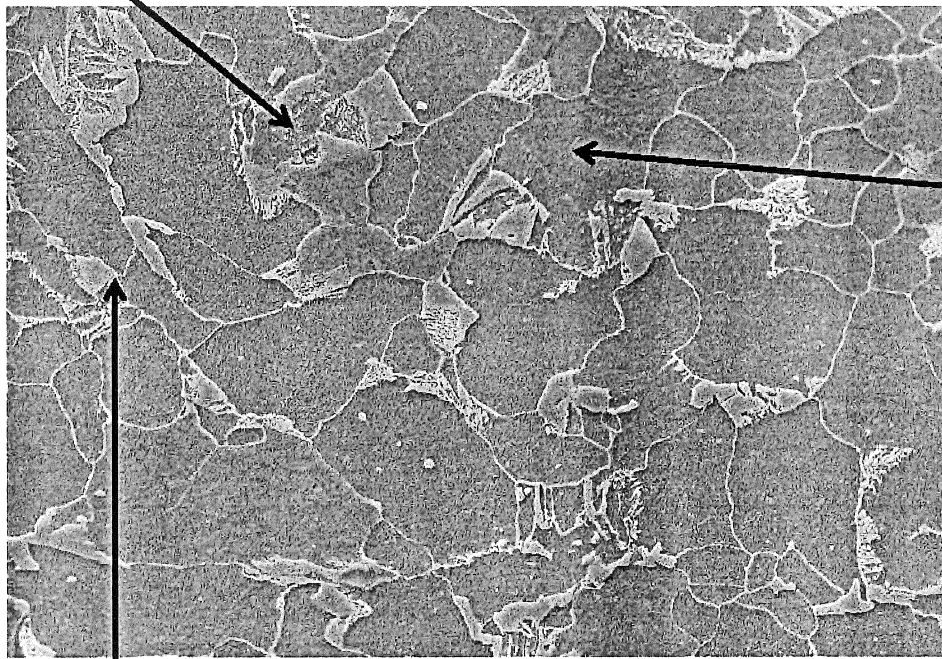
32. Quy trình sản xuất chi tiết thép hàn bằng laze đã được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm lần lượt các bước sau:

- tạo ra ít nhất một tấm thép thứ nhất có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 4, đã được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm, tiếp đó
- tạo ra ít nhất một tấm thép thứ hai có thành phần chứa 0,065 tới 0,38% khối lượng cacbon, đã được phủ lót bằng lớp phủ lót kim loại nhôm, hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim nhôm, tiếp đó
- loại bỏ một phần chiều dày của lớp phủ lót nhôm ở phía trên và phía dưới dọc theo một mặt theo chu vi của ít nhất một tấm thép thứ nhất và ít nhất một tấm thép thứ hai, tiếp đó
- tạo phôi hàn bằng cách hàn bằng laze ít nhất một tấm thép thứ nhất và ít nhất một tấm thép thứ hai, sao cho hàm lượng nhôm trong kim loại hàn nhỏ hơn 0,3% khối lượng, việc hàn bằng laze này được thực hiện dọc theo chu vi mà ở đó một phần của lớp phủ lót nhôm đã được loại bỏ,
- nung nóng phôi hàn này và giữ phôi hàn này ở nhiệt độ T_m nằm trong khoảng từ 890 đến 950°C, khoảng thời gian giữ D_m ở nhiệt độ này từ 1 tới 10 phút, để tạo ra phôi hàn đã được nung nóng, tiếp đó
- chuyển phôi hàn đã được nung nóng này vào trong máy ép tạo hình, khoảng thời gian chuyển D_t dưới 10 giây, tiếp đó
- tạo hình nóng phôi hàn đã được nung nóng này trong máy ép tạo hình để tạo ra chi tiết hàn đã được tạo hình,
- làm nguội chi tiết hàn đã được tạo hình này với tốc độ làm nguội CR1 nằm trong khoảng từ 40 đến 360°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 750 xuống 450°C, và với tốc độ làm nguội CR2 nằm trong khoảng từ 15 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ 450°C xuống 250°C, trong đó $CR2 < CR1$.

33. Quy trình sản xuất chi tiết thép được tăng cứng bằng cách ép hoặc chi tiết thép hàn bằng laze đã được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 21 tới 33, trong đó khoảng thời gian giữ D_m nằm trong khoảng từ 1 đến 6 phút.

**Fig.1****Fig.2**

Bainit



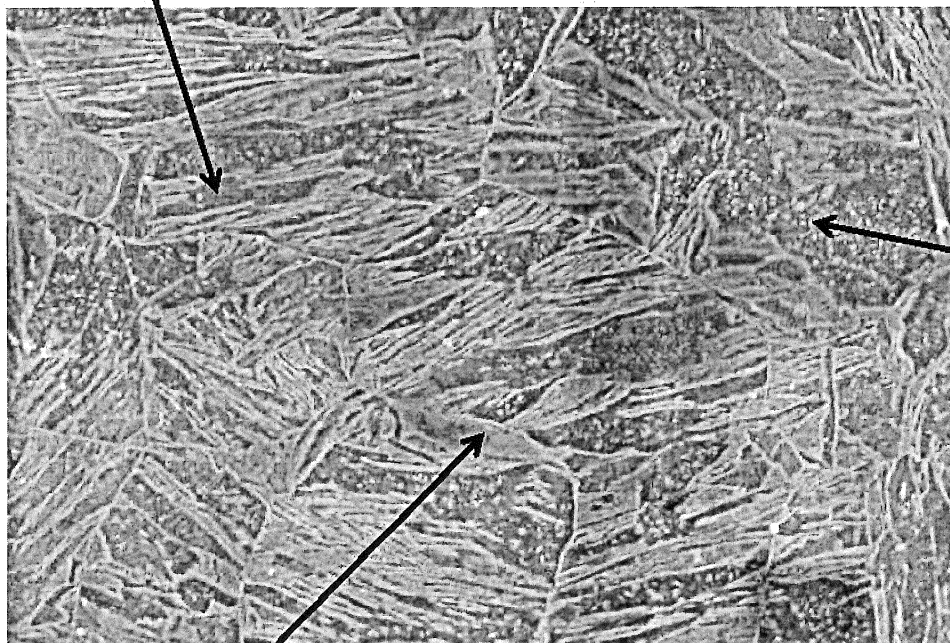
Ferit

Mactensit


2 μm

Fig.3

Bainit

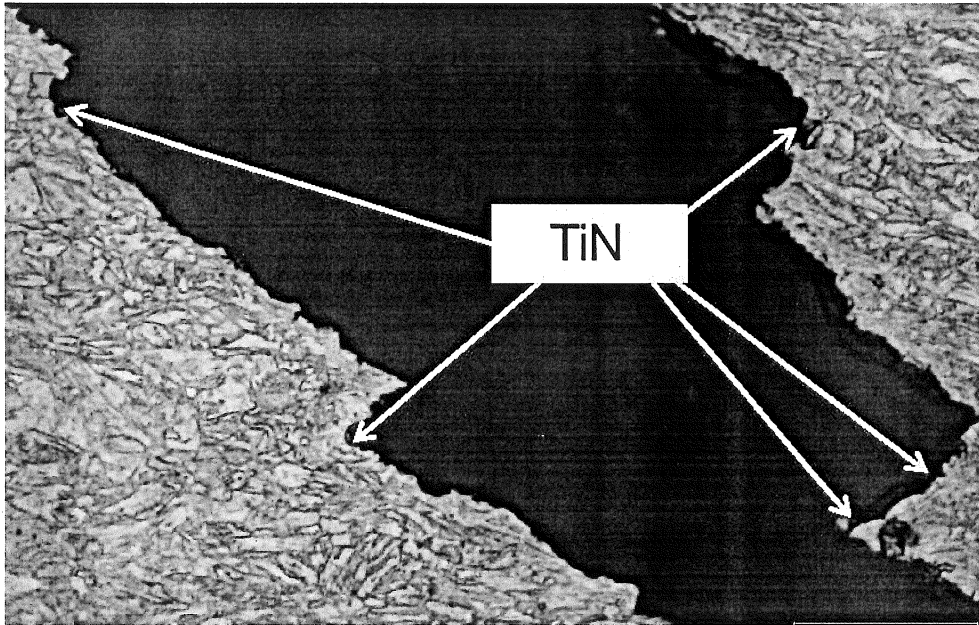
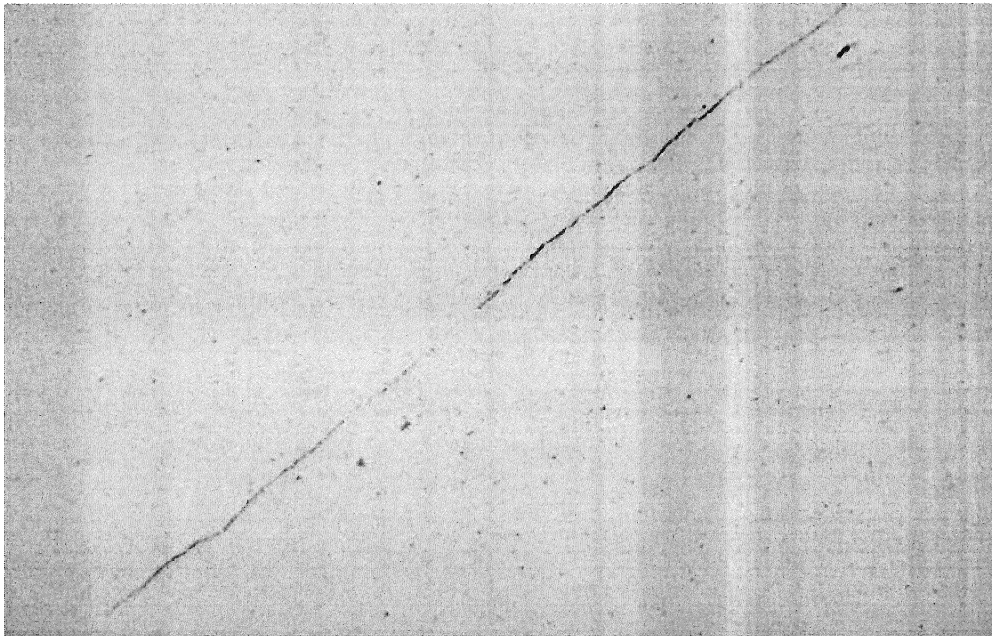


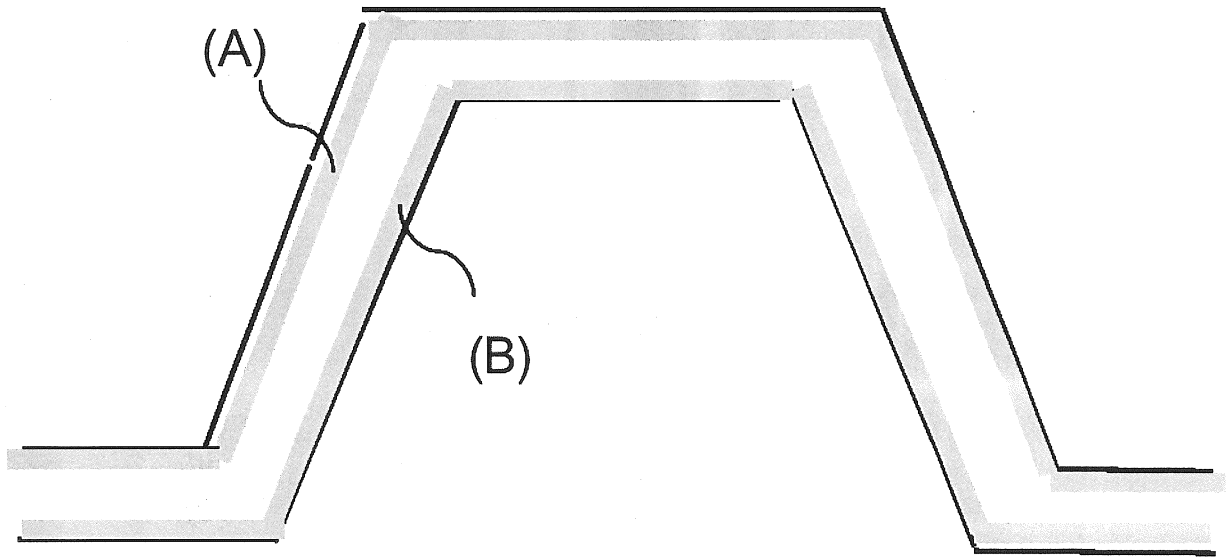
Mactensit tự ram

Mactensit mới


5 μm

Fig.4

**Fig.5****Fig.6**

**Fig.7**