



(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)



1-0048608

(51)^{2024.01} C22C 38/00; C23C 2/40; C21D 8/02; (13) B
C21D 9/00; C21D 9/46; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/08;
C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/18;
C22C 38/38; C22C 38/40; C22C 38/44;
C23C 2/06; C21D 1/673; C21D 8/00

(21) 1-2019-06687

(22) 30/05/2018

(86) PCT/IB2018/053832 30/05/2018

(87) WO2018/220540 06/12/2018

(30) PCT/IB2017/000677 01/06/2017 IB

(45) 25/07/2025 448

(43) 25/06/2020 387A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) COBO, Sebastian (AR); ALLELY, Christian (FR); BEAUVAIS, Martin (FR);
AOUAFI, Anis (FR); LUCAS, Emmanuel (FR).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHI TIẾT BẰNG THÉP CÓ ĐỘ BỀN CAO CÙNG
VỚI ĐỘ DẸO ĐƯỢC CẢI THIỆN, VÀ CHI TIẾT ĐƯỢC TẠO RA BỞI PHƯƠNG
PHÁP NÀY

(21) 1-2019-06687

(57) Sáng chế đề cập đến thép tấm cán nguội để tăng cứng bằng cách ép, có thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, với các hàm lượng được biểu thị theo hàm lượng phần trăm khối lượng: $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,10\% \leq Si \leq 0,70\%$, $0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0\% \leq Cr \leq 2\%$, $0,25\% \leq Ni \leq 2\%$, $0,015\% \leq Ti \leq 0,10\%$, $0\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$, $0,003\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$, trong đó các hàm lượng của titan và nito thỏa mãn điều kiện: $Ti/N > 3,42$, và các hàm lượng của cacbon, mangan, crom và silic thỏa mãn điều kiện: $2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$

thành phần hoá học này tùy ý còn bao gồm một hoặc nhiều 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 từ quá trình sản xuất, thép tấm này có hàm lượng niken Ni_{surf} tại điểm bất kỳ của thép trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này bên trên độ sâu Δ , sao cho: $Ni_{surf} > Ni_{nom}$, Ni_{nom} biểu thị hàm lượng niken danh định của thép, và sao cho, Ni_{max} biểu thị hàm lượng niken cao nhất trong khoảng Δ : $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6$, và sao cho: $\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$ và mật độ

bề mặt của tất cả các hạt D_i và mật độ bề mặt của các hạt $D_{(>2\mu m)}$ lớn hơn 2 micromet thỏa mãn điều kiện, ít nhất là tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này: $D_i + 6,75 D_{(>2\mu m)} < 270$, trong đó D_i và $D_{(>2\mu m)}$ được biểu thị bằng số hạt trên 1 milimet vuông, và các hạt này bao gồm tất cả các hạt oxit, sulfua, nitrua, ở dạng tinh khiết hoặc kết hợp như oxysulfua và cacbonitrua, có mặt trong nền thép.

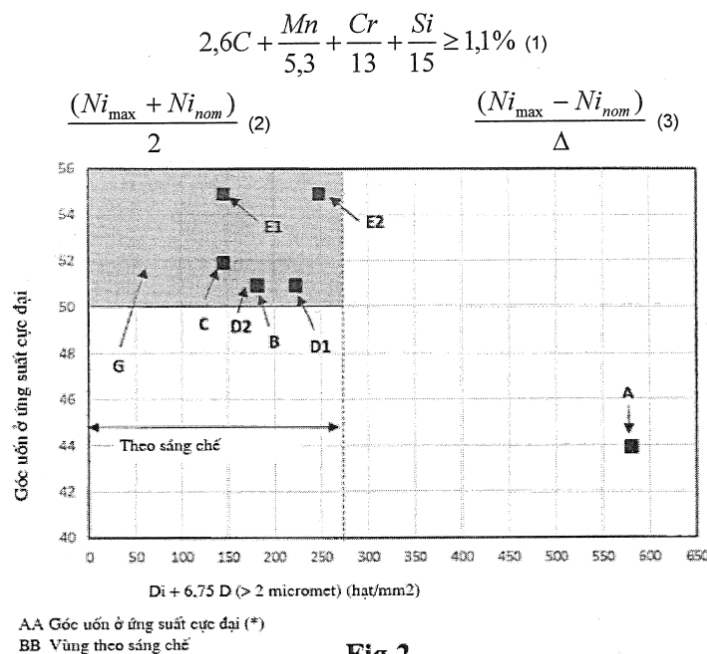


Fig.2

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép tấm dùng để tạo ra các chi tiết có độ bền cơ học rất cao sau khi tăng cứng bằng cách ép. Việc tăng cứng bằng cách ép đã biết là việc nung nóng các phôi thép tới nhiệt độ đủ để tạo ra sự chuyển hoá austenit, tiếp đó dập nóng các phôi này bằng cách giữ chúng trong khuôn dập để tạo ra sự tôi các vi cấu trúc. Theo một biến thể của quy trình này, việc dập nguội trước các phôi này có thể được thực hiện trước khi nung nóng và tăng cứng bằng cách ép. Các phôi này có thể được phủ lót, ví dụ, bằng các hợp kim nhôm hoặc kẽm. Trong trường hợp này, trong quá trình nung nóng trong lò, lớp phủ lót được kết hợp bởi việc khuếch tán cùng với nền thép để tạo ra một hợp chất mà bảo vệ bề mặt của chi tiết đó khỏi bị khử cacbon và tạo ra lớp muối. Hợp chất này là thích hợp để tạo hình nóng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết đã được tạo ra như vậy được sử dụng làm các bộ phận kết cấu trong xe có động cơ để mang lại các chức năng chống xâm nhập hoặc hấp thụ năng lượng trong xe có động cơ để mang lại các chức năng chống xâm nhập hoặc hấp thụ năng lượng. Ví dụ về các ứng dụng này bao gồm các cản giảm va ngang, các chi tiết gia cố cửa hoặc trụ giữa hoặc các ray phụ. Các chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép như vậy cũng có thể được sử dụng, ví dụ, trong việc sản xuất các dụng cụ hoặc các phụ tùng dùng cho máy nông nghiệp.

Các yêu cầu về việc giảm mức tiêu thụ nhiên liệu của xe có động cơ đã là các nỗ lực mãnh liệt để làm giảm trọng lượng của xe có động cơ bằng cách sử dụng các chi tiết có độ bền cơ học cao hơn, nói theo cách khác, có độ bền R_m cao hơn 1800MPa. Tuy nhiên, mức độ bền như vậy thường liên quan quan tới vi cấu trúc là martensit hoàn toàn hoặc gần như hoàn toàn. Đã biết rằng loại vi cấu trúc này có độ bền chống nứt trễ thấp: sau khi tăng cứng bằng cách ép, các chi tiết đã

được sản xuất này thực sự có khả năng bị phá hủy hoặc nứt sau một khoảng thời gian nhất định.

WO2016016707 đề cập đến phương pháp sản xuất các chi tiết và thép tấm cán dùng để tăng cứng bằng cách ép đồng thời đạt được độ bền cơ học R_m rất cao, cao hơn hoặc bằng 1800MPa, độ bền chống nứt trễ cao sau khi tăng cứng bằng cách ép, và độ dày thay đổi trong một khoảng rộng của các tấm cán nguội. Để đạt điều đó, hàm lượng niken trong thành phần hoá học của thép tấm này phải nằm trong khoảng từ 0,25% đến 2% và được tập trung trên bề mặt của thép tấm hoặc chi tiết ở dạng đặc biệt. Sự giàu niken như vậy tạo ra một lớp bảo vệ chống thấm hydro và do đó làm chậm sự khuếch tán của hydro.

Đặc biệt hơn, thép tấm nêu trong WO2016016707 có thành phần hóa học bao gồm các nguyên tố sau, với các hàm lượng được biểu thị theo khối lượng: $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,10\% \leq Si \leq 0,70\%$, $0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0\% \leq Cr \leq 2\%$, $0,25\% \leq Ni \leq 2\%$, $0,015\% \leq Ti \leq 0,10\%$, $0\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$, $0,003\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$, trong đó các hàm lượng của titan và nito thỏa mãn điều kiện: $Ti/N > 3,42$, và các hàm lượng của cacbon, mangan, crom, và silic

thỏa mãn điều kiện: $2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$, thành phần hoá học này tùy ý còn

bao gồm một hoặc nhiều 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 từ quá trình sản xuất, thép tấm này có hàm lượng niken Ni_{surf} tại điểm bất kỳ của thép trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm tới độ sâu Δ , sao cho: $Ni_{surf} > Ni_{nom}$, với Ni_{nom} biểu thị hàm lượng niken danh định của thép, và sao cho,

Ni_{max} biểu thị hàm lượng niken cao nhất trong khoảng Δ : $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq$

0,6, sao cho: $\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$, độ sâu Δ được tính theo micromet, các hàm

lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được biểu thị theo phần trăm khối lượng.

Ngoài ra, WO2016016707 đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm cán nóng, bao gồm bước mà ở đó các phiến thép được nung nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C đến 1300°C với thời gian giữ nằm trong khoảng từ 20

phút đến 45 phút. Thời gian giữ và nhiệt độ nung nóng phiến thép đặc thù này đảm bảo sự khuếch tán của niken tới bề mặt phân cách giữa lớp oxit đã được tạo ra và nền thép, dẫn đến việc tạo ra lớp giàu niken.

Các chi tiết bằng thép thu được bằng cách sử dụng thành phần hoá học và phương pháp đã được mô tả trong WO2016016707 là đặc biệt thích hợp để sản xuất các chi tiết chống xâm nhập dùng cho xe có động cơ, do chúng có độ bền cơ học rất cao.

Một số chi tiết hoặc các phần của các chi tiết của các bộ phận kết cấu của xe có động cơ cần phải có chức năng ưu tiên về khả năng hấp thụ năng lượng của chúng, đặc biệt là trong trường hợp va đập. Điều này là đặc biệt đối với trường hợp các ray phụ và các phần dưới của các cột trụ giữa.

WO2017006159 đề cập thép tấm và phương pháp sản xuất có liên quan để tạo ra thép tấm có độ dẻo rất tốt được đặc trưng bởi góc uốn lớn hơn 80° .

Các chi tiết thu được là thích hợp để tạo hình các bộ phận kết cấu có khả năng chịu va đập đặc biệt, hoặc các chi tiết của các bộ phận kết cấu của xe có động cơ. Tuy nhiên, độ bền cơ học của thép tấm trong WO2017006159 cũng thấp hơn 1800MPa, nó không đáp ứng các yêu cầu cao nhất về tính chống xâm nhập.

Do đó, một số bộ phận kết cấu của xe có động cơ, đồng thời có, một phần mang chức năng được ưu tiên là độ bền cơ học và phần còn lại mang chức năng được ưu tiên là hấp thụ năng lượng, có thể được tạo ra, ví dụ, bằng cách hàn cùng với một chi tiết thu được theo giải pháp nêu trong WO2016016707 và chi tiết thu được theo giải pháp nêu trong WO2017006159.

Tuy nhiên, việc hàn này cần đến một công đoạn sản xuất bổ sung đối với các chi tiết này, làm tăng chi phí và thời gian sản xuất. Ngoài ra, việc cần phải đảm bảo rằng việc hàn này không làm làm giảm độ bền của chi tiết thành phẩm ở vùng xung quanh mối hàn, sẽ đòi hỏi việc kiểm soát một cách chính xác các tham số hàn. Do đó, có nhu cầu tạo ra trong một chi tiết đơn, các bộ phận kết cấu mà kết hợp các chức năng có độ bền cơ học cao và khả năng hấp thụ năng lượng cao.

Cũng có nhu cầu về các chi tiết được dập nóng có độ dẻo thỏa đáng, nói theo cách khác, với góc uốn bằng 50° hoặc lớn hơn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vì lý do đó, mục đích chính của sáng chế là tạo ra thép tấm có cả độ bền cơ học cao, được đặc trưng bởi độ bền kéo R_m cao hơn 1800MPa, lẫn độ dẻo được cải thiện. Hai đặc tính này thường có thể song hành với nhau bởi vì đã biết rõ rằng việc tăng độ bền cơ học thường dẫn đến việc làm giảm độ dẻo.

Một tính chất được mong muốn khác đối với các chi tiết an toàn và các bộ phận kết cấu của xe có động cơ làm giảm hiện tượng kim loại bị phá hủy do sự tương tác với hydro, bao gồm sự ăn mòn do ứng suất, trong cả môi trường nước lẫn môi trường nước muối.

Vì lý do đó, sáng chế còn nhằm mục đích để tạo ra thép tấm có khả năng chống ăn mòn ứng suất được cải thiện.

Cuối cùng, thép tấm cán theo sáng chế được dự định để được tăng cứng bằng cách ép, chủ yếu khác biệt ở chỗ, thành phần hóa học của nó bao gồm các thành phần sau, với các hàm lượng được biểu thị theo khối lượng:

hoặc là $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$ và $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$,

hoặc $0,38\% < C \leq 0,43\%$ và $0,05\% \leq Mn < 0,4\%$

$0,10\% \leq Si \leq 1,70\%$

$0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$

$0\% \leq Cr \leq 2\%$

$0,25\% \leq Ni \leq 2\%$

$0,015\% \leq Ti \leq 0,10\%$

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

$0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$

$0,003\% \leq N \leq 0,010\%$

$0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$

$0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$

trong đó các hàm lượng của titan và nito thỏa mãn điều kiện:

$Ti/N > 3,42$,

và các hàm lượng của cacbon, mangan, crom, và silic thỏa mãn điều kiện:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

thành phần hoá học này tùy ý còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố sau:

$$0,05\% \leq \text{Mo} \leq 0,65\%$$

$$0,001\% \leq \text{W} \leq 0,30\%$$

$$0,0005\% \leq \text{Ca} \leq 0,005\%$$

lượng còn lại là của sắt và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất, tấm này có hàm lượng niken Ni_{surf} tại điểm bất kỳ của thép trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này bên trên độ sâu Δ , sao cho:

$$\text{Ni}_{\text{surf}} > \text{Ni}_{\text{nom}},$$

Ni_{nom} biểu thị hàm lượng niken danh định của thép,

và sao cho Ni_{max} biểu thị hàm lượng niken cao nhất trong khoảng độ sâu Δ :

$$\frac{(\text{Ni}_{\text{max}} + \text{Ni}_{\text{nom}})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6,$$

và sao cho:

$$\frac{(\text{Ni}_{\text{max}} - \text{Ni}_{\text{nom}})}{\Delta} \geq 0,01$$

độ sâu Δ được tính theo micromet,

các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được biểu thị theo phần trăm khối lượng,

và sao cho mật độ bề mặt của tất cả các hạt D_i và mật độ bề mặt của các hạt $D_{(>2\mu\text{m})}$ lớn hơn 2 micromet thoả mãn điều kiện, ít nhất là tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này:

$$D_i + 6,75 D_{(>2\mu\text{m})} < 270$$

D_i và $D_{(>2\mu\text{m})}$ được biểu thị bằng số hạt trên một milimet vuông, và các hạt này bao gồm tất cả các hạt oxit, sulfua, nitrua, ở dạng tinh khiết hoặc kết hợp như oxysulfua và cacbonitrua, có mặt trong nền thép

Thép tấm cán theo sáng chế có thể còn có dấu hiệu tùy ý sau được xét đến một cách tách biệt hoặc ở tất cả các dạng tổ hợp có thể có:

- thành phần bao gồm, tính theo khối lượng:

$$0,39\% \leq \text{C} \leq 0,43\%$$

$$0,09\% \leq \text{Mn} \leq 0,11\%$$

- thành phần bao gồm, tính theo khối lượng: :

$$0,95\% \leq \text{Cr} \leq 1,05\%$$

- thành phần bao gồm, tính theo khối lượng: :

$$0,48 \% \leq \text{Ni} \leq 0,52\%.$$

- thành phần bao gồm, tính theo khối lượng: :

$$1,4\% \leq \text{Si} \leq 1,70\%$$

- vi cấu trúc của thép tấm có dạng ferit-peclit.

- thép tấm này là tấm được cán nóng.

- thép tấm này là tấm được cán nguội và được ủ.

- thép tấm được phủ lớp nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc kim loại trên cơ sở nhôm.

- thép tấm này được phủ lớp kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc kim loại trên cơ sở kẽm.

- thép tấm này được phủ lớp bằng một hoặc nhiều lớp hợp kim liên kim loại chứa nhôm và sắt, và tùy ý silic, lớp phủ này không chứa nhôm tự do, pha τ_5 có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và pha τ_6 có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

Sáng chế cũng đề cập đến chi tiết bằng thép đã được tăng cứng bằng cách ép thép tấm có thành phần như được xác định theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên về cấu trúc mactensit hoặc mactensit-bainit, có độ bền cơ học R_m cao hơn hoặc bằng 1800MPa, và sao cho mật độ bề mặt của tất cả các hạt D_i và mật độ bề mặt của các hạt $D_{(>2\mu\text{m})}$ lớn hơn 2 micromet thỏa mãn điều kiện, ít nhất là tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này:

$$D_i + 6,75 D_{(>2\mu\text{m})} < 270$$

D_i và $D_{(>2\mu\text{m})}$ được biểu thị theo số lượng hạt trên 1mm^2 .

Chi tiết theo sáng chế có thể còn có dấu hiệu tùy ý sau được xét đến một cách tách biệt hoặc ở tất cả các dạng tổ hợp có thể có:

- chi tiết này có góc uốn lớn hơn 50° theo hướng cán.

- các hàm lượng của mangan, phospho, crom, molybde, và silic của chi tiết này thỏa mãn điều kiện:

$$[455\text{Exp}(-0,5 [\text{Mn}+25\text{P}]) + [390\text{Cr} + 50\text{Mo}] + 7\text{Exp}(1,3\text{Si})] [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3] \\ [C_{\text{SCC}}] \geq 750$$

giới hạn chảy σ_y nằm trong khoảng từ 1300MPa đến 1600MPa,

và C_{SCC} bằng 1 đối với thép tấm không có lớp mạ, và bằng 0,7 đối với thép tấm có lớp mạ.

- các hàm lượng của mangan, phospho, crom, molybden, và silic thoả mãn điều kiện:

$$[455\text{Exp}(-0,5 [\text{Mn}+25\text{P}]) + [390\text{Cr} + 50\text{Mo}] + 7\text{Exp}(1,3\text{Si})] [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3] [\text{C}_{\text{SCC}}] \geq 1100$$

- chi tiết này có hàm lượng niken danh định Ni_{nom} , khác biệt ở chỗ, hàm lượng niken Ni_{surf} trong thép trong vùng lân cận bề mặt lớn hơn Ni_{nom} tới độ sâu Δ , và Ni_{max} biểu thị hàm lượng niken cao nhất trong khoảng độ sâu Δ :

$$\frac{(\text{Ni}_{\text{max}} + \text{Ni}_{\text{nom}})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6,$$

và:

$$\frac{(\text{Ni}_{\text{max}} - \text{Ni}_{\text{nom}})}{\Delta} \geq 0,01$$

độ sâu Δ được tính theo micromet,

các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được biểu thị theo phần trăm khối lượng .

- chi tiếp này được phủ bằng nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm do sự khuếch tán giữa nền thép và lớp phủ lót trong quá trình xử lý bằng nhiệt để tăng cứng bằng cách ép

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm cán nóng bao gồm các bước liên tiếp sau:

- tạo ra thép lỏng mà mangan, silic, niobi, và crom được bổ sung vào, việc bổ sung này được thực hiện trong buồng chân không, tiếp đó
- khử lưu huỳnh của kim loại lỏng mà không làm tăng hàm lượng nitơ của nó, tiếp đó,
- bổ sung titan vào, việc bổ sung này được thực hiện theo cách sao cho để tạo ra kim loại lỏng có thành phần hóa học như được xác định ở trên, tiếp đó
- đúc bán thành phẩm, tiếp đó
- nung nóng bán thành phẩm này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C và 1300°C trong thời gian giữ ở nhiệt độ này từ 20 phút tới 45 phút, tiếp đó
- cán nóng bán thành phẩm này với nhiệt độ kết thúc cán TFL nằm trong khoảng từ 825°C đến 950°C, để tạo ra thép tấm cán nóng, tiếp đó

- cuộn thép tấm cán nóng này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500 °C và 750°C để tạo ra tấm được cán nóng và được cuộn, tiếp đó
- tẩy lớp oxit đã được tạo ra ở các bước trước.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm được cán nóng, tiếp đó được cán nguội và được ủ, đặc biệt là bao gồm các bước liên tiếp sau:

- cấp tấm đã được cán nóng, cuộn và tẩy, được sản xuất bởi phương pháp nêu trên, tiếp đó
- cán nguội tấm được cán nóng, cuộn và tẩy này để tạo ra thép tấm cán nguội, tiếp đó
- ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 740°C đến 820°C tấm cán nguội này để tạo ra thép tấm được cán nguội và được ủ.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ lót, trong đó thép tấm cán được sản xuất theo quy trình bất kỳ trong số hai quy trình nêu trên được cấp, tiếp đó việc phủ lót liên tục được thực hiện bằng cách nhúng, lớp phủ lót này là nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm.

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ lót và đã được hợp kim hoá trước, trong đó:

- thép tấm cán được cấp theo quy trình bất kỳ trong số hai quy trình nêu trên, tiếp đó việc phủ lót liên tục được thực hiện bằng hợp kim nhôm cường lực hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, tiếp đó
- việc xử lý trước bằng nhiệt thép tấm có lớp phủ lót này được thực hiện sao cho lớp phủ lót không còn chứa nhôm tự do, pha τ_5 có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và τ_6 có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$

Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép như được xác định ở trên, bao gồm các bước liên tiếp sau:

- cấp tấm đã được sản xuất bởi phương pháp như phương pháp được xác định ở trên, tiếp đó
- cắt tấm này để tạo ra phôi, tiếp đó
- tùy ý, thực hiện bước tạo hình bằng cách dập nguội phôi này, tiếp đó

nung nóng phôi này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 810°C đến 950°C để thu được cấu trúc austenit hoàn toàn trong thép, tiếp đó chuyển phôi này vào máy dập, tiếp đó dập nóng phôi này để tạo ra chi tiết, tiếp đó giữ chi tiết này trong máy dập để làm tăng cứng bởi sự chuyển hoá mactensit của cấu trúc austenit.

Cuối cùng, sáng chế mô tả việc sử dụng chi tiết được tăng cứng bằng cách ép như nêu trên, hoặc được sản xuất bởi phương pháp sản xuất chi tiết được tăng cứng như được xác định ở trên, để sản xuất các chi tiết kết cấu hoặc gia cường dùng cho xe có động cơ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Các dấu hiệu khác và các ưu điểm của sáng chế sẽ được thể hiện trong phân mô ở dưới được đưa ra làm ví dụ và dựa vào các hình vẽ kèm theo:

- Fig.1 thể hiện mối liên hệ của mật độ bề mặt của tất cả các hạt theo mật độ bề mặt của các hạt có cỡ hạt trung bình lớn hơn 2 micromet đối với các chi tiết được dập nóng, có độ bền kéo cao hơn 1800MPa trong năm chế độ thử nghiệm,
- Fig.2 thể hiện mối liên hệ của góc uốn của các chi tiết được dập nóng có độ bền kéo cao hơn 1800MPa, theo một tham số định lượng mật độ của các hạt có mặt trong các chi tiết được dập nóng. Tham số này phụ thuộc vào mật độ bề mặt của tất cả các hạt, cũng như mật độ của các hạt có cỡ hạt trung bình lớn hơn 2 micromet; chúng được đánh giá trong năm chế độ thử nghiệm giống nhau, và
- Fig.3 thể hiện mối liên hệ của mật độ bề mặt của các hạt theo cỡ hạt đối với năm chế độ thử nghiệm.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tốt hơn, nếu độ dày của thép tấm được sử dụng theo phương pháp của sáng chế nằm trong khoảng từ 0,5mm đến 4mm, khoảng độ dày này đặc biệt được sử dụng trong việc sản xuất các chi tiết kết cấu hoặc gia cường dùng cho công nghiệp ô tô. Điều đó có thể đạt được bằng cách cán nóng hoặc bằng cách sau đó cán

nguội và ủ. Khoảng độ dày này là thích hợp đối với các dụng cụ làm tăng cứng bằng cách ép công nghiệp, cụ thể là các máy dập nóng.

Có lợi là, thép chứa các nguyên tố sau, với thành phần được biểu thị theo khối lượng:

- hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38% khi hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,4% đến 3%. Cacbon đóng vai trò chính về tính dễ tôi và độ bền cơ học đạt được sau khi làm nguội sau công đoạn xử lý austenit hóa. Dưới hàm lượng 0,24% khối lượng, độ bền cơ học bằng 1800MPa không thể đạt được sau khi làm tăng cứng tăng cứng bằng cách ép, mà không bổ sung các nguyên tố đất hiếm. Trên hàm lượng 0,38% khối lượng đối với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,4% đến 3%, thì nguy cơ nứt trễ tăng, và nhiệt độ chuyển tiếp dẻo/giòn, được xác định bằng cách sử dụng các thử nghiệm uốn có cắt rãnh kiểu Charpy, có thể là sẽ lớn hơn -40°C , thể hiện sự giảm quá mức về độ dai. Hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,32% đến 0,36% khối lượng cho phép có được các đặc tính được mong muốn một cách ổn định, đồng thời duy trì tính dễ hàn ở mức thỏa đáng, và giảm thiểu chi phí sản xuất. Tính dễ hàn điểm đặc biệt tốt khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38%.

- hàm lượng cacbon tăng nằm trong khoảng từ 0,38% đến 0,43% khi hàm lượng mangan được giảm nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,4% để tạo ra chi tiết bằng thép có khả năng chống ăn mòn ứng suất cao. Tốt hơn là, hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,39% đến 0,43% đối với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,09% đến 0,11%. Việc giảm hàm lượng mangan do vậy được bù đắp bởi việc tăng hàm lượng cacbon đồng thời cho phép chi tiết bằng thép có khả năng chống ăn mòn ứng suất cao.

Như được mô tả ở dưới, hàm lượng cacbon cũng nên được xác định kết hợp cùng với các hàm lượng của mangan, crom, và silic.

Ngoài vai trò làm chất khử oxy, mangan cũng có vai trò đối với tính dễ tôi.

- do đó có thể dự đoán là, khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38%, thì hàm lượng mangan cần phải lớn hơn 0,40% khối lượng để tạo ra nhiệt độ đủ thấp M_s khi bắt đầu biến đổi (austenit $\rightarrow$ mactensit) trong quá trình làm nguội ép, để làm tăng độ bền R_m . Việc giới hạn hàm lượng mangan ở mức 3%

dẫn đến việc làm tăng độ bền chống nứt trễ. Mangan phân tách ở các phần nổi hạt austenit và làm tăng nguy cơ phá hủy liên kết giữa các hạt khi có mặt hydro. Mặt khác, như được giải thích ở dưới, độ bền chống nứt trễ có được đặc biệt là do sự có mặt của lớp bề mặt giàu niken. Mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết, song điều được tin là khi hàm lượng mangan quá mức, thì lớp oxit dày có thể tạo ra khi các phiến thép được nung nóng, khiến cho niken không đủ thời gian để khuếch tán để nằm dưới lớp các oxit sắt và mangan này.

- Theo cách khác, việc hàm lượng mangan thấp nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,4% là được mong đợi cùng với hàm lượng cacbon tăng nằm trong khoảng từ 0,38% đến 0,43%. Việc giảm hàm lượng mangan khiến cho các tấm và các chi tiết có khả năng chống ăn mòn rỉ được cải thiện và nhờ đó cải thiện khả năng chống ăn mòn ứng suất. Việc duy trì độ bền cơ học cao đạt được bằng cách tăng một cách đáng kể hàm lượng cacbon.

Tốt hơn, nếu hàm lượng mangan được xác định kết hợp cùng với hàm lượng cacbon, và tùy ý hàm lượng crom:

- khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,32% đến 0,36% khối lượng, kết hợp với hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 0,40% đến 0,80% và hàm lượng crom nằm trong khoảng từ 0,05% đến 1,20%, sẽ dẫn đến việc có được đồng thời độ bền chống nứt trễ rất cao nhờ sự có mặt của lớp bề mặt giàu niken đặc biệt hiệu quả, và tính chất cắt cơ học rất tốt của các thép tấm. Hàm lượng Mn lý tưởng là nằm trong khoảng từ 0,50% đến 0,70% để kết hợp độ bền cơ học cao cùng với độ bền chống nứt trễ.

- khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38%, kết hợp với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 1,50% đến 3%, thì tính dễ hàn điểm đặc biệt tốt.

- khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,38% đến 0,43% kết hợp với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,4% và tốt hơn nữa là, nằm trong khoảng từ 0,09% đến 0,11%, thì khả năng chống ăn mòn dưới ứng suất sẽ tăng mạnh, như được mô tả ở dưới.

Các khoảng thành phần này dẫn đến việc nhiệt độ M_s khi bắt đầu đổi sang quá trình làm nguội (austenit $\rightarrow$ mactensit) nằm trong khoảng từ 320°C đến 370°C,

điều đó có thể đảm bảo rằng các chi tiết đã được tăng cứng bằng nhiệt có độ bền đủ cao.

- hàm lượng silic của thép cần phải nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,70% khối lượng: hàm lượng silic lớn hơn 0,10% dẫn đến làm tăng cứng thêm và góp phần khử oxy của thép lỏng. Hàm lượng silic có thể được tăng tới mức 1,70% đồng thời tránh sự có mặt của các oxit bề mặt quá mức mà có thể ảnh hưởng đến việc kết tụ của lớp phủ. Tuy nhiên, việc tăng hàm lượng silic này đòi hỏi phải có các công đoạn tẩy trên cuộn được cán nóng và môi trường xử lý ủ phù hợp để hạn chế sự hình thành của các oxit đối với tấm.

Với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38%, thì tốt hơn nếu hàm lượng silic trên 0,50% để tránh làm mềm mactensit mới, mà có thể xảy ra khi chi tiết được giữ trong khuôn dập sau quá trình chuyển hoá mactensit.

Với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,38% đến 0,43% và hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,4%, thì tốt hơn nếu hàm lượng silic nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,70% nhằm mục đích làm giảm tốc độ ăn mòn rỗ, nó làm tăng khả năng chống ăn mòn dưới ứng suất.

Hàm lượng silic có thể được tăng tới mức 1,70% miễn là các nguyên tố hợp kim khác có mặt trong thép cho phép đạt được nhiệt độ chuyển hoá Ac_3 khi nung nóng (ferit+peclit $\rightarrow$ austenit) nhỏ hơn $880^\circ C$, nhằm tương thích với việc áp dụng công nghiệp thông thường để austenit hoá trước bước dập nóng.

- với các hàm lượng cao hơn hoặc bằng 0,015%, nhôm là một nguyên tố mà nó thúc đẩy sự khử oxy trong kim loại lỏng trong quá trình sản xuất, và sự kết tủa nitơ. Khi hàm lượng của nó lớn hơn 0,070%, các aluminat thô có thể được tạo ra trong quá trình sản xuất, nó có xu hướng làm giảm độ dẻo. Tối ưu là, hàm lượng của nó nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,060%.

- crom làm tăng tính dễ tôi và góp phần tạo ra độ bền kéo cơ học R_m ở mức đã định sau khi tăng cứng bằng cách ép. Vượt quá hàm lượng 2% khối lượng, ảnh hưởng của crom đến tính đồng nhất của các tính chất cơ học trong chi tiết được tăng cứng bằng cách ép bị bão hoà. Với các hàm lượng ưu tiên nằm trong khoảng từ 0,05% đến 1,20%, nguyên tố này góp phần làm tăng độ bền. Với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% đến 0,38%, việc bổ sung crom với lượng nằm

trong khoảng từ 0,30% đến 0,50% được ưu tiên để có được các ảnh hưởng đã định đến độ bền cơ học và sự nứt trề, đồng thời hạn chế các chi phí bổ sung. Khi hàm lượng mangan thoả đáng, nói theo cách khác, nằm trong khoảng từ 1,50% đến 3% Mn, thì việc bổ sung crom được xem là tùy ý, tính dễ tôi có được nhờ mangan được xem là thoả đáng.

Theo cách khác, với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,38% đến 0,43%, thì việc tăng hàm lượng crom lớn hơn 0,5% và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,950% đến 1,050% là được ưu tiên để làm tăng khả năng chống ăn mòn rỗ và theo đó là khả năng chống ăn mòn ứng suất.

Ngoài các điều kiện đối với mỗi nguyên tố trong số các nguyên tố C, Mn, Cr, Si nêu trên, các nguyên tố này còn cùng nhau thoả mãn công thức:

$$P_1 = 2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15}$$

Như đã giải thích trong WO2016016707, trong các điều kiện này, phần tự ram của mactensit, trong điều kiện đang được giữ trong khuôn dập, là rất hạn chế, nhờ đó lượng rất lớn của mactensit chưa ủ dẫn đến có được trị số độ bền cơ học cao. Khi trị số độ bền kéo Rm cao hơn hoặc bằng 1800MPa được mong muốn, thì điều đã được chứng minh là tham số $P_1 \geq 1,1$

- Titan có ái lực mạnh đối với nitơ. Khi có tính đến hàm lượng nitơ của thép theo sáng chế, thì hàm lượng titan cần phải cao hơn hoặc bằng 0,015% để có được sự kết tủa hiệu quả. Với các hàm lượng lớn hơn 0,020% khối lượng, titan bảo vệ bo để sao cho nguyên tố này ở dạng tự do của nó có ảnh hưởng đầy đủ đến tính dễ tôi. Hàm lượng của nó cần phải trên 3,42N, định lượng này được xác định bởi phép tính hệ số tỷ lượng của quá trình kết tủa TiN, nhằm tránh sự có mặt của nitơ tự do. Tuy nhiên, trên 0,10%, có nguy cơ là các titan nitrua thô được tạo ra trong thép lỏng, có ảnh hưởng bất lợi đến độ dai. Tốt hơn, nếu hàm lượng titan nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,040%, nhằm tạo ra các nitrua mịn để hạn chế sự phát triển của các hạt austenit khi phơi được nung nóng trước khi dập nóng.

- với các hàm lượng lớn hơn 0,010% khối lượng, niobi tạo ra các niobi cacbonitrua, chúng có thể hạn chế sự phát triển của các hạt austenit khi phơi được nung nóng. Tuy nhiên, hàm lượng của nó cần phải được giới hạn ở mức 0,060%

bởi vì nó có khả năng hạn chế sự tái kết tinh trong quá trình cán nóng làm tăng sức cản lẫn và gây khó khăn cho việc sản xuất. Các hiệu quả tối ưu đạt được khi hàm lượng niobi nằm trong khoảng từ 0,030% đến 0,050%.

- với các hàm lượng lớn hơn 0,0005% khối lượng, bo làm tăng mạnh tính dễ tôi. Nhờ sự khuếch tán tại các phần nổi của các hạt austenit, nó mang lại ảnh hưởng có lợi cho việc ngăn chặn sự phân tách giữa các hạt của phospho. Trên 0,0040%, ảnh hưởng này bị bão hoà.

- hàm lượng nitơ trên 0,003% dẫn đến sự kết tủa của TiN , Nb(CN) , hoặc $(\text{Ti,Nb})(\text{CN})$ đã nêu trên để giới hạn sự phát triển của hạt austenit. Tuy nhiên, hàm lượng này cần phải được giới hạn ở mức 0,010% để tránh sự hình thành của các kết tủa thô.

- tùy ý, tấm này có thể chứa molybden với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,65% khối lượng: nguyên tố này tạo ra sự đồng kết tủa cùng với niobi và titan. Các kết tủa này rất bền nhiệt, tăng cường khả năng hạn chế sự phát triển của hạt austenit khi nung nóng. Hiệu quả tối ưu đạt được đối với hàm lượng molybden nằm trong khoảng từ 0,15% đến 0,25%.

- Tùy ý, thép này có thể còn chứa vonfram với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,30% khối lượng. Với các hàm lượng đã chỉ ra này, nguyên tố này làm tăng tính thấm tôi và khả năng dễ tăng cứng thông qua sự hình thành của các cacbua.

- Tùy ý, thép này có thể còn chứa canxi với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,005%: bằng cách kết hợp với oxy và lưu huỳnh, canxi ngăn chặn sự hình thành của các thể vùi lớn có hại đối với độ dẻo của các tấm và các chi tiết đã được sản xuất như vậy.

- với các hàm lượng quá mức, lưu huỳnh và phospho dẫn đến làm tăng tính giòn. Vì lý do đó, hàm lượng lưu huỳnh theo khối lượng được giới hạn ở mức 0,005% để tránh sự hình thành sulfua quá mức. Tuy nhiên, hàm lượng lưu huỳnh quá thấp, nói theo cách khác, dưới 0,001%, là không cần thiết gây tốn kém do điều đó không mang lại bất kỳ lợi ích bổ sung nào.

Vì những lý do tương tự, hàm lượng phospho nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,025% khối lượng. Với hàm lượng quá mức, nguyên tố này phân tách ở các

phần nổi hạt austenit và làm tăng nguy cơ nứt trễ do gãy giữa các hạt.

- niken là một nguyên tố quan trọng theo sáng chế: thực vậy, các tác giả sáng chế đã chứng minh rằng nguyên tố này, với các hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,25% đến 2% khối lượng, làm giảm một cách đáng kể để bị phá hủy chậm khi được tập trung trên bề mặt của thép tấm hoặc chi tiết ở dạng đặc biệt.

Ngoài ra, và như đã được đề cập trong WO2016016707, chi tiết bằng thép được làm giàu niken sát với bề mặt của nó tới mức lớn nhất Ni_{max} theo hai tham số để đạt được độ bền chống nứt trễ hiệu quả,

Tham số thứ nhất P_2 được xác định theo công thức:

$$P_2 = \frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta)$$

Δ là độ sâu giàu niken của chi tiết bằng thép và Ni_{nom} là hàm lượng niken danh định của thép.

Tham số thứ nhất này đặc tả tổng hàm lượng niken trong; lớp giàu niken Δ ;

Tham số thứ hai P_3 được xác định bởi công thức:

$$P_3 = \frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta}$$

Tham số thứ hai này đặc tả gradien nồng độ niken trung bình, nói theo cách khác, cường độ làm giàu trong lớp Δ .

Bằng cách thỏa mãn hai tham số này, chi tiết bằng thép có độ bền chống nứt trễ rất cao.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất thép tấm theo sáng chế sẽ được mô tả: bán thành phẩm là vật đúc, ở dạng thép lỏng, có thành phần đã nêu trên. Khác với phương pháp thông thường trong đó việc bổ sung các nguyên tố thực hiện trong quá trình đúc rót từ lò thổi, các tác giả sáng chế đã chứng minh rằng cần phải thực hiện việc bổ sung này mà không có sự hiện diện của không khí khiến làm tăng hàm lượng nitơ của kim loại lỏng. Trong phương pháp theo sáng chế, việc bổ sung các nguyên tố như mangan, silic, niobi, crom được thực hiện trong môi trường kín trong đó môi trường chân không được áp dụng. Sau quá trình xử lý chân không này, kim loại lỏng được khử lưu huỳnh bởi việc trộn lẫn kim loại và xỉ, nó được thực hiện dưới các điều kiện không làm tăng hàm lượng nitơ. Sau khi kiểm

tra hàm lượng nitơ trong kim loại lỏng, titan được bổ sung vào, ví dụ, ở dạng ferotitan. Do đó, titan được bổ sung vào cuối bước luyện kim thứ cấp. Do vậy, trong quá trình bổ sung này, hàm lượng nitơ được đưa vào giảm và hạn chế sự hình thành của các hạt mà có thể có ảnh hưởng bất lợi đến độ dẻo của chi tiết bằng thép. Bằng cách đưa vào các nguyên tố bổ sung theo cách này, lượng hạt kết tủa giảm khi kết thúc quá trình hóa rắn và do đó thép tấm và chi tiết bằng thép thu được có độ dẻo được cải thiện như được mô tả một cách chi tiết dưới đây.

Bán thành phẩm thu được sau khi đúc có thể là ở dạng phiến thường là dày từ 200mm tới 250mm, hoặc phiến mỏng thường có độ dày vài chục milimet, hoặc ở dạng thích hợp khác bất kỳ. Nó được nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C đến 1300°C và được duy trì trong khoảng nhiệt độ này trong thời gian nằm trong khoảng từ 20 phút đến 45 phút. Nhờ việc phản ứng với oxy trong lò nung, lớp oxit được tạo ra, với thành phần của thép theo sáng chế, chủ yếu là giàu sắt và mangan, trong đó độ hòa tan của niken rất thấp, niken nằm lại ở dạng kim loại. Song song với sự phát triển của lớp oxit này, việc niken khuếch tán về phía bề mặt phân cách giữa oxit và nền thép, khiến cho lớp giàu niken xuất hiện trong thép. Ở giai đoạn này, độ dày của lớp này đặc biệt phụ thuộc vào hàm lượng niken danh định của thép, cũng như các điều nhiệt độ và giữ nêu trên.

Trong chu trình sản xuất tiếp theo, lớp ban đầu giàu nguyên tố này đồng thời bị:

- giảm độ dày, do tỷ lệ cán được mang lại bởi các bước cán liên tiếp,
- tăng độ dày do sự tiếp xúc của thép tấm với nhiệt độ cao trong các giai đoạn sản xuất kế tiếp. Tuy nhiên, sự tăng độ này chỉ xảy ra ở một mức độ nhỏ so với trong giai đoạn nung nóng phiến.

Một chu trình sản xuất thép tấm cán nóng thường bao gồm:

- các bước cán nóng (thô, hoàn thiện) ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C đến 825°C,
- bước cuộn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 750°C.

Các tác giả sáng chế đã chứng minh rằng sự thay đổi về các tham số cán nóng và cuộn, nằm trong các phạm vi được xác định bởi sáng chế, không làm thay đổi một cách đáng kể các đặc tính cơ học, sao cho quy trình theo sáng chế chấp

nhận được sự thay đổi nhất định nằm trong các phạm vi này, mà không ảnh hưởng đáng kể đến các sản phẩm thu được.

Ở giai đoạn này, tấm được cán nóng, mà có thể thường là có độ dày nằm trong khoảng từ 1,5mm đến 4,5mm, được tẩy bởi phương pháp đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, nó chỉ loại bỏ lớp oxit, sao cho lớp giàu niken này nằm trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm.

Khi cán tấm mỏng hơn, việc cán nguội được thực hiện với tỷ lệ cán thích hợp, ví dụ, nằm trong khoảng từ 30% đến 70%, tiếp đó được ủ ở nhiệt độ thường là nằm trong khoảng từ 740°C đến 820°C để kết tinh lại kim loại đã hóa cứng này. Sau quá trình xử lý nhiệt này, tấm này có thể được làm nguội để tạo ra tấm chưa được phủ, hoặc được phủ liên tục bằng cách chuyển qua bể tôi, theo phương pháp đã từng được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, và cuối cùng được làm nguội.

Như đã giải thích trong WO2016016707, bước có ảnh hưởng chủ yếu đến các đặc tính của lớp giàu niken trong tấm thành phẩm là bước nung nóng phiến, trong khoảng nhiệt độ và thời gian giữ cụ thể. Trái lại, chu trình ủ tấm cán nguội, có hoặc không có bước phủ, chỉ có ảnh hưởng thứ yếu đến các đặc tính của lớp bề mặt giàu niken. Nói theo cách khác, ngoại trừ tỷ lệ cán trong quá trình cán nguội làm giảm độ dày của lớp giàu niken với một mức độ tương ứng, thì các đặc tính giàu niken của lớp này gần như tương đương với ở tấm cán nóng và ở tấm đã được cán nguội và ủ, cho dù có hay không bước phủ lót.

Lớp phủ lót này có thể là nhôm, hợp kim nhôm (có trên 50% nhôm) hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm (trong đó nhôm là nguyên tố chủ yếu). Có lợi, nếu lớp phủ lót này là hợp kim nhôm-silic bao gồm các nguyên tố tính theo khối lượng là 7%-15% silic, 2% tới 4% sắt, tùy ý 15ppm tới 30ppm canxi, phần còn lại là nhôm và các tạp chất khó tránh khỏi từ quá trình sản xuất.

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

Theo một phương án khác, lớp phủ lót có thể là lớp phủ hợp kim nhôm, nó ở dạng các liên kim loại chứa sắt. Dạng lớp phủ lót này được tạo ra bằng cách thực hiện việc xử lý trước bằng nhiệt tấm nhôm hoặc hợp kim nhôm có lớp phủ

lót. Việc xử lý trước bằng nhiệt này được thực hiện ở nhiệt độ θ_1 trong thời gian giữ t_1 , sao cho lớp phủ lót không còn chứa nhôm tự do, pha τ_5 có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và pha τ_6 có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$. Dạng lớp phủ này sẽ cho phép các phôi được nung nóng trước giai đoạn dập nóng với tốc độ nhanh hơn nhiều, giúp giảm thiểu thời gian cần thiết để duy trì các phôi ở nhiệt độ cao trong khi nung nóng, nói theo cách khác, làm giảm lượng hydro bị hấp phụ trong giai đoạn nung nóng phôi này.

Theo cách khác, lớp phủ lót có thể được mạ, hoặc được mạ hợp kim, nói theo cách khác, với hàm lượng sắt nằm trong khoảng từ 7% đến 12% sau khi xử lý nhiệt hợp kim đã được tạo hình trước trong các điều kiện công nghiệp ngay sau bề mạ.

Lớp phủ lót cũng có thể là lớp phủ gồm nhiều lớp được kết lắng trong các giai đoạn liên tiếp, ít nhất một lớp trong số các lớp này có thể là nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Sau khi được tạo ra như trên, các tấm được cắt hoặc được dập bởi bởi các phương pháp đã được biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này, để tạo ra phôi có dạng hình học liên quan đến dạng hình học cuối của chi tiết được dập và được tăng cứng bằng cách dập. Như đã giải thích ở trên, việc cắt các tấm chứa cụ thể là 0,32% tới 0,36% C, 0,40% tới 0,80% Mn, 0,05% tới 1,20% Cr, là đặc biệt dễ dàng do chúng có độ bền cơ học ở giai đoạn này, liên quan tới feriti-peclit [sic], hoặc vì cấu trúc ferit-peclit được ưu tiên.

Các phôi này được nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 810°C đến 950°C để austenit hóa hoàn toàn nền thép, được dập nóng trước khi được giữ trong khuôn dập để tạo sự chuyển hóa mactensit. Tỷ lệ biến dạng được áp dụng trong giai đoạn dập nóng có thể ít nhiều phụ thuộc vào việc có hay không bước tạo hình nguội (dập) được thực hiện trước khi xử lý austenit hóa. Các tác giả sáng chế đã chứng minh rằng các chu trình gia nhiệt để tăng cứng bằng cách ép, bao gồm việc nung nóng các phôi này trong vùng lân cận nhiệt độ chuyển hoá Ac_3 , tiếp đó duy trì chúng ở nhiệt độ này trong vài phút, cũng sẽ không làm thay đổi một cách đáng kể lớp giàu niken này.

Nói theo cách khác, các đặc tính của lớp bề mặt giàu niken là như nhau, giữa tấm trước khi tăng cứng bằng cách ép, và chi tiết sau khi tăng cứng bằng cách ép được tạo ra từ tấm này.

Với thành phần theo sáng chế, nó có nhiệt độ chuyển hoá Ac_3 thấp hơn so với nhiệt độ chuyển hóa của các thành phần thông thường, có thể austenit hóa các phôi với nhiệt độ và thời gian giữ thấp, nhờ đó làm giảm khả năng hấp phụ hydro trong các lò nung.

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng để tạo ra chi tiết bằng thép có độ dẻo được cải thiện, ngoài các đặc tính có lợi về độ bền cơ học và khả năng chống nứt trề đã giải thích ở trên, mật độ của các hạt có mặt trong vùng lân cận của bề mặt tấm cần thỏa mãn các điều kiện cụ thể. Trong bản mô tả của sáng chế, các hạt này liên quan đến tất cả các hạt oxit, sulfua, nitrua, tinh khiết hoặc kết hợp, như các hạt oxysulfua và cacbonitrua, có mặt trong nền thép. Điều đã được nhận thấy là một số hạt nằm ở các vị trí phá hủy sớm làm giảm tính dễ uốn cong. Trong bản mô tả của sáng chế, vùng lân cận bề mặt là vùng nằm giữa bề mặt của tấm và độ sâu 100 micromet dưới nó.

Cụ thể, mật độ của các hạt và đặc biệt là mật độ của các hạt có cỡ hạt trung bình lớn hơn 2 micromet cần thỏa mãn một số tiêu chí.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Bảng 1 và bảng 2 dưới đây cũng như Fig.1 và Fig.2 thể hiện các thử nghiệm và các số đo thu được từ việc thiết lập các tham số trên cơ sở mật độ của các hạt.

Năm tấm thép A, B, C, D, E, có các thành phần hóa học tương ứng của chúng được đưa ra trong bảng 1, được tạo ra. Các thành phần này được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, phần còn lại của thành phần này là sắt và các tạp chất từ quá trình sản xuất.

Các tấm này được tạo ra từ thép được tạo ra ở trạng thái lỏng bởi các phương pháp khác nhau: đối với thử nghiệm A (thử nghiệm tham chiếu), các nguyên tố bổ sung (mangan, silic, crom, và niobi) được bổ sung vào trong không khí, trong quá trình đúc rót từ lò thổi.

Đối với các thử nghiệm B, C, D, E, được thực hiện dưới các điều kiện theo sáng chế, các nguyên tố bổ sung này được bổ sung vào trong quá trình xử lý RH (Ruhrstahl Heraeus) trong thùng RH được duy trì trong chân không. Việc xử lý khử lưu huỳnh tiếp sau được thực hiện mà không cần thu hồi nitơ trong thép lỏng. Titan được bổ sung vào dưới dạng ferotitan vào cuối quá trình luyện kim thứ cấp.

Sau khi đúc ở dạng bán thành phẩm, các phôi của các thép khác nhau này được nung nóng tới nhiệt độ 1275°C và được giữ ở nhiệt độ này trong 45 phút. Tiếp đó, chúng được cán với nhiệt độ kết thúc cán là 950°C, và được cuộn ở nhiệt độ 650°C. Sau khi tẩy, các tấm này được cán nguội tới độ dày 1,5mm. Các tấm này tiếp đó được ủ bằng cách aluminat hóa ở nhiệt độ 760°C, tiếp đó được aluminat hóa liên tục bằng cách nhúng trong bể chứa 9% khối lượng silic và 3% khối lượng sắt, phần còn lại là nhôm và các tạp chất khó tránh khỏi.

Các tấm đã cắt này được dập nóng, sau khi nung nóng tới nhiệt độ 900°C và tổng thời gian giữ trong lò là 6 phút 30 giây.

Bảng 1: Thành phần thép đối với các thử nghiệm A, B, C, D và E

Thử nghiệm tham chiếu	C	Mn	Si	Ni	Cr	Mo	Al
<u>A</u>	0,34	0,61	0,54	0,42	0,35	0,20	0,032
B	0,345	0,61	0,53	0,39	0,35	0,19	0,043
C	0,33	0,60	0,53	0,38	0,33	0,17	0,028
D	0,33	0,66	0,55	0,40	0,35	0,19	0,036
E	0,33	0,65	0,55	0,44	0,35	0,20	0,038
Thử nghiệm tham chiếu	Nb	Ti	P	S	N	B	
<u>A</u>	0,038	0,034	0,008	0,0004	0,0055	0,0039	
B	0,039	0,033	0,004	0,0015	0,0051	0,0029	
C	0,045	0,017	0,012	0,0003	0,0044	0,0032	
D	0,048	0,017	0,011	0,0004	0,0051	0,0024	
E	0,052	0,015	0,010	0,0005	0,0035	0,0029	

Sau khi tăng cứng bằng cách ép, các phép đo được thực hiện trên ba mẫu

bằng kính hiển vi điện tử quét để hiển thị hóa các hạt có cỡ hạt lớn hơn 0,5 micromet trên vùng bề mặt 6 mm² và tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận của bề mặt chi tiết.

Loại số đo thứ nhất là đánh giá mật độ D_i của tất cả các hạt, cụ thể là, các hạt oxit, sulfua, nitrua, tinh khiết hoặc kết hợp, như oxysulfua và cacbonitrua, có mặt trong nền thép. Loại số đo thứ hai là đánh giá mật độ $D_{(>2\mu m)}$ của các hạt như vậy có cỡ hạt lớn hơn 2 micromet. Trong bảng 2 sau, các thử nghiệm tham chiếu D1, D2, E1 và E2 tương ứng lần lượt với các tấm thép có thành phần D và E như được thể hiện trong bảng 1 từ hai cuộn thép khác nhau.

Góc uốn xác định được trên mẫu đã hóa cứng 60x60 mm² được đỡ trên hai trục cán, theo tiêu chuẩn thử nghiệm uốn VDA-238. Lực uốn cong được tạo ra bởi đột có bán kính 0,4 mm. Khoảng cách các giữa trục cán và đột bằng với độ dày của các chi tiết được thử nghiệm, với độ dung sai 0,5mm được bổ sung vào. Sự xuất hiện của vết nứt được phát hiện do nó tương ứng với 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 của mỗi thử nghiệm tham chiếu được xác định ở tải trọng lớn nhất. Các kết quả được thể hiện trong bảng 2 sau đây tương ứng với bảy mẫu được lấy theo hướng cán. Tiếp đó, tính trị số góc uốn trung bình.

Bảng 2: Mật độ hạt (D_i) và mật độ hạt của các hạt có cỡ hạt trung bình lớn hơn 2 micromet ($D_{(>2\mu m)}$) bên trên độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt tấm, và góc uốn tương ứng. Các trị số được gạch chân: không theo sáng chế

Thử nghiệm tham chiếu	$D_{(>2\mu m)}$ (hạt/mm ²)	D_i (hạt/mm ²)	Góc uốn (°)
<u>A</u>	<u>54</u>	<u>212,5</u>	<u>44</u>
B	6,7	136	50,85
C	12	62,5	52
D1	18	98	51
D2	15	78,5	51
E1	8	90,5	55

E2	3,8	220	55
----	-----	-----	----

Để đáp ứng các yêu cầu công nghiệp về độ dẻo trong trường hợp có va chạm, các chi tiết thoả đáng về độ bền kéo là các chi tiết có góc uốn lớn hơn 50° . Chi tiết được dập nóng trong các điều kiện của thử nghiệm tham chiếu A, trong đó phương pháp thông thường được sử dụng cho việc bổ sung các nguyên tố, có góc uốn nhỏ hơn 50° .

Fig.3 minh hoạ sự phân bố của các hạt theo cỡ hạt trung bình và mật độ cho bảy thử nghiệm tham chiếu trong bảng 2. Có thể thấy rằng thử nghiệm tham chiếu A có sự phân bố mật độ hạt theo cỡ hạt hầu như khác hẳn với sự phân bố mật độ hạt theo cỡ hạt của các thử nghiệm tham chiếu khác. Chủ yếu là, mật độ của cỡ hạt trung bình dưới 2 micromet của thử nghiệm tham chiếu A là thấp hơn một cách đáng kể so với mật độ của cỡ hạt trung bình dưới 2 micromet của các thử nghiệm tham chiếu khác. Các điều kiện xử lý theo sáng chế cho phép có thể tạo ra sự giảm đáng kể đối với tất cả các hạt, và đặc biệt là các hạt có cỡ hạt lớn hơn 2 micromet. Sự phân bố có lợi này có thể thấy được ở các tấm cũng như ở chi tiết được dập nóng được tạo ra từ tấm này.

Đối với mỗi thử nghiệm tham chiếu trong bảng 2, mật độ $D_{(>2\mu\text{m})}$ của các hạt có cỡ hạt trung bình lớn hơn 2 micromet và mật độ D_i của tất cả các hạt được lập đồ thị trên Fig.1. Nếu cho rằng duy nhất thử nghiệm tham chiếu A không thoả mãn tiêu chí đã định về góc uốn lớn hơn 50° , thì mối quan hệ giữa mật độ D_i và mật độ $D_{(>2\mu\text{m})}$ trên cơ sở đường D có thể được thể hiện công thức:

$$Y = -6,75 (X-40)$$

Nếu cho rằng các chi tiết có thể có góc uốn lớn hơn 50° nằm dưới đường D trong vùng F, thì tiêu chí để thoả mãn tiêu chí về độ dẻo uốn tốt như sau:

$$D_i + 6,75 D_{(>2\mu\text{m})} < 270$$

trong đó D_i và $D_{(>2\mu\text{m})}$ both được biểu thị theo số lượng hạt trên 1 mm^2 .

Tiêu chí này cho thấy sự ảnh hưởng đáng kể của các hạt có cỡ trung bình lớn hơn 2 micromet đến độ dẻo của các chi tiết được dập nóng.

Trong bảng 3 sau đây và Fig.2, tiêu chí được xác định $D_i + 6,75 D_{(>2\mu\text{m})}$ và góc uốn đạt được đối với bảy chế độ các thử nghiệm A, B, C, D1, D2, E1, và E2

được thể hiện. Vùng G trên Fig.2 thể hiện vùng theo sáng chế, của chi tiết có góc uốn lớn hơn 50° và trong đó tiêu chí này thấp hơn 270. Trong vùng G này, chi tiết có độ dẻo được cải thiện và độ bền cơ học R_m cao hơn 1800MPa.

Bảng 3: Tiêu chí $D_i + 6,75 D_{(>2\mu m)}$ và góc uốn tương

Các trị số được gạch chân: không theo sáng chế

Thử nghiệm tham chiếu	Tiêu chí $D_i + 6,75 D_{(>2\mu m)}$	Góc uốn ($^\circ$)
<u>A</u>	<u>577</u>	<u>44</u>
B	181	50,85
C	143	52
D1	220	51
D2	180	51
E1	144	55
E2	246	55

Các tác giả sáng chế cũng đã phát hiện ra rằng việc giảm hàm lượng mangan kèm theo sự gia tăng đáng kể về hàm lượng cacbon cho phép có thể tăng một cách đáng kể khả năng chống ăn mòn ứng suất của chi tiết bằng thép đồng thời vẫn duy trì độ bền cơ học cao ở mức trên 1800MPa.

Việc khả năng dễ bị ăn mòn ứng suất đã biết là được thực hiện bằng các phương pháp sử dụng thử nghiệm uốn tải trong không đổi bốn điểm:

- ngâm chi tiết bằng thép đã được tạo ứng suất bởi phương pháp này trong dung dịch nước muối ở nhiệt độ trong phòng trong 30 ngày, hoặc
- phun dung dịch nước muối ở 35°C trong 4 giờ lên chi tiết đã được tạo ứng suất, với việc này được lặp lại trong 20 ngày.

Tuy nhiên, các phương pháp không thể tái tạo được các điều kiện môi trường một cách đầy đủ mà các chi tiết bằng thép có thể gặp phải.

Vì lý do đó, một phương pháp khác còn được gọi là phương pháp chu kỳ cung cấp luân phiên pha nước muối, pha ướt và pha khô. Pha nước muối được áp dụng cho 2% thời gian thử nghiệm tính theo phần trăm khối lượng của NaCl trong môi trường là 1% ở độ pH = 4. Pha ướt tiếp sau được áp dụng cho 28% thời gian

thử nghiệm, với độ ẩm tương đối là 90% ở nhiệt độ 35°C. Pha khô cuối được áp dụng cho 70% thời gian thử nghiệm, với độ ẩm tương đối là 55% và nhiệt độ 35°C. Thử nghiệm chu kỳ này được áp dụng trong 42 ngày.

Tuy nhiên, phương pháp chu kỳ này không đủ khắc nghiệt để đảm bảo rằng chi tiết bằng thép có khả năng chống ăn mòn ứng suất thoả đáng cho các ứng dụng được dự định. Do đó, một phương pháp chu kỳ mới còn được gọi là phương pháp VDA (Verband der Automobilindustrie) được áp dụng trong đó chi tiết bằng thép được tác động ứng suất phải chịu các điều kiện ăn mòn nghiêm trọng. Thời gian thử nghiệm, hoặc chu trình, là một tuần.

Theo phương pháp VDA này, pha nước muối được áp dụng cho 5% thời gian thử nghiệm (thay vì 2% đối với phương pháp chu kỳ) tính theo phần trăm khối lượng của NaCl trong môi trường là 1% ở độ pH = 7. Pha ướt tiếp sau được áp dụng cho 25% thời gian thử nghiệm, với độ ẩm tương đối là 95% (thay vì 90% đối với phương pháp chu kỳ) ở nhiệt độ 35°C. Pha khô cuối được áp dụng cho 65% thời gian thử nghiệm, với độ ẩm tương đối là 70% (thay vì 55% đối với phương pháp chu kỳ) và ở nhiệt độ 35°C. Phương pháp VDA được áp dụng cho 6 chu trình, nói theo cách khác, 6 tuần hoặc 42 ngày.

Theo sáng chế, chi tiết bằng thép được xem là thoả mãn tiêu chí về sự ăn mòn do ứng suất nếu không xảy ra sự phá huỷ vật liệu trong ít nhất 42 ngày.

Bốn chế độ các thử nghiệm H, I, J, và K được xem xét, trong đó các thành phần hoá học này được đưa ra trong bảng 4 sau đây. Các thành phần này được biểu thị theo phần trăm khối lượng, phần còn lại của thành phần này là sắt và các tạp chất từ quá trình sản xuất.

Bốn chế độ các thử nghiệm H, I, J, và K thoả mãn tiêu chí nêu trên về mật độ hạt và mức độ giàu niken của bề mặt.

Bảng 4: Thành phần thép đối với bốn chế độ các thử nghiệm H, I, J, và K

Thử nghiệm tham chiếu	C	Mn	S	P	Si	Cr	Nb
H	0,35	0,60	0,0003	0,012	0,53	0,33	0,045
I	0,35	0,62	0,0003	0,013	0,57	0,51	0,039

J	0,40	0,10	0,0001	0,012	0,21	1,00	0,041
K	0,33	0,48	0,0001	0,012	1,53	0,96	0,047

Thử nghiệm tham chiếu	Al	Ti	Ni	Mo	B(ppm)	N
H	0,045	0,017	0,38	0,17	32	0,004
I	0,030	0,020	0,40	0,20	24	0,005
J	0,023	0,015	0,50	0,24	19	0,003
K	0,016	0,020	0,39	0,19	33	0,004

Các tấm được sản xuất theo chế độ H có nhiệt độ A_{c3} là 829°C . Nhiệt độ này được đánh giá theo công thức Andrews, đã biết đến trong lĩnh vực kỹ thuật này. Tấm được sản xuất theo chế độ thử nghiệm I có nhiệt độ A_{c3} được theo công thức Andrews là 820°C , tấm được sản xuất theo chế độ thử nghiệm J có nhiệt độ A_{c3} được tính theo công thức Andrews là 807°C , và tấm được sản xuất theo chế độ thử nghiệm K có nhiệt độ A_{c3} được tính theo công thức Andrews là 871°C . Thử nghiệm tham chiếu J do đó có nhiệt độ austenit đặc biệt thuận lợi cho việc sản xuất nó trong điều kiện công nghiệp.

Các nhiệt độ M_s (nhiệt độ bắt đầu chuyển hoá mactensit trong khi làm nguội) được tính theo công thức Andrews, là 362°C , 345°C , 353°C , và 348°C của các tấm được sản xuất lần lượt theo các chế độ H, I, J, và K.

Các tấm thép của các thử nghiệm tham chiếu H, I, J, và K được tạo ra trong các điều kiện sau:

- nung nóng tới nhiệt độ of 1275°C trong 30 phút,
- cán nóng với nhiệt độ kết thúc cán TFL là 900°C ,
- cuộn ở 540°C đối với thử nghiệm tham chiếu H, 550°C đối với các thử nghiệm tham chiếu I và J, và 580°C đối với thử nghiệm tham chiếu K,
- cán nguội với tỷ lệ cán là 58%,
- ủ ở nhiệt độ 760°C để tạo sự tái kết tinh của kim loại đã hóa cứng, và
- làm nguội.

Trong thử nghiệm tham chiếu H, tấm thép được phủ hợp kim AlSi như đã nêu trên, các tấm này được sản xuất theo các chế độ I, J, và K sẽ không được phủ.

Kết quả là tấm thép có độ dày của 1,5 millimet đối với các chế độ H, I, và K và 1,3 millimet đối với chế độ J.

Sau khi tấm thép được cắt để tạo ra phôi, nó được nung nóng trong lò ở 900°C trong 6 phút 30 giây (tổng thời gian giữ trong lò nung), sao cho sự chuyển hoá austenit hoàn toàn xảy ra trong thép, tiếp đó phôi được chuyển nhanh vào thiết bị mô phỏng sự dập nóng. Việc chuyển này được hoàn tất trong 10 giây, sao cho sự chuyển hoá austenit không xảy ra trong bước này. Áp lực được tác động bởi dụng cụ dập là 5000MPa. Chi tiết này được giữ trong máy dập để làm tăng cứng bởi sự chuyển hoá mactensit của cấu trúc austenit. Việc xử lý nhiệt ở 170°C tiếp đó được áp dụng cho tấm thép trong 20 phút, tương ứng với chu trình nung đối với sơn được phủ lên chi tiết được dập nóng.

Các đặc tính kéo cơ học (giới hạn chảy σ_Y và độ bền cơ học R_m) xác định được trên các chi tiết được dập H, I, J, và K được thể hiện trong bảng 5 sau đây.

Bảng 5. Các đặc tính kéo cơ học đã đo được dưới bốn chế độ các thử nghiệm H, I, J, và K

Thử nghiệm tham chiếu	σ_Y (MPa)	R_m (MPa)
H	1482	1845
I	1587	1996
J	1599	1923
K	1497	1824

Ba mẫu của các chi tiết được dập nóng đối với mỗi thử nghiệm trong số các thử nghiệm tham chiếu H, I, J, và K được thử nghiệm ăn mòn ứng suất VDA đã mô tả ở trên. Ứng suất uốn được tác động lên mẫu ở mặt ngoài nằm giữa hai trục cán là 750MPa.

Các kết quả được đưa ra trong bảng 6 sau.

Bảng 6: các kết quả của thử nghiệm ăn mòn ứng suất bằng cách áp dụng phương pháp VDA với các chế độ các thử nghiệm H-K

Thử nghiệm tham chiếu	Phá hủy					
	Chu trình	Chu trình	Chu trình	Chu trình	Chu trình	Chu trình
	1	2	3	4	5	6
H	0	2	1	-	-	-
I	0	0	1	2	-	-
J	0	0	0	0	0	0
K	0	0	0	0	0	0

Có thể thấy rằng với chế độ thử nghiệm H, hai chi tiết bị phá hủy trong chu trình thứ hai, và chi tiết thứ ba bị phá hủy trong chu trình thứ ba.

Đối với thử nghiệm tham chiếu I, chi tiết thứ nhất bị phá hủy trong chu trình thứ ba, và hai chi tiết còn lại bị phá hủy trong chu trình thứ tư.

Đối với các thử nghiệm tham chiếu J và K, các chi tiết không bị phá hủy khi kết thúc chu trình thứ sáu. Thử nghiệm tham chiếu J với hàm lượng mangan thấp và thử nghiệm tham chiếu K với hàm lượng silic cao do vậy đều mang lại khả năng chống ăn mòn dưới ứng suất rất tốt.

Mặc dù không muốn gắn liền với lý thuyết, song các tác giả sáng chế đã xác định được tiêu chí để đảm bảo cho một chi tiết được dập nóng có giới hạn chảy nằm trong khoảng từ 1300MPa đến 1600MPa, khả năng chống ăn mòn dưới ứng suất đủ để vượt qua thử nghiệm VDA.

Tiêu chí này phụ thuộc vào ba tham số: tham số P1 tùy thuộc vào thành phần của chi tiết, tham số P2 tùy thuộc vào ứng suất được tác động và tham số P3 tùy thuộc vào sự có mặt tùy ý của lớp phủ trên chi tiết được dập nóng.

Tham số P1 được thể hiện dưới dạng một hàm số của các hàm lượng của mangan, phospho, crom, molybden, và silic:

$P1 = 455 \text{Exp}(-0,5[Mn + 25P]) + [390Cr + 50Mo] + 7 \text{Exp}(1,3Si)$, các hàm lượng này được biểu thị theo phần trăm khối lượng.

Tham số P2 được thể hiện như sau:

$$P2 = [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3]$$

trong đó σ_y là giới hạn chảy, được biểu thị theo đơn vị MPa, và nằm trong khoảng từ 1300MPa và 1600MPa.

Tham số P3 được định lượng bởi tham số C_{SCC} có trị số của nó bằng 1 nếu chi tiết không có lớp phủ ở dạng trần, và bằng 0,7 nếu chi tiết có lớp phủ.

Ngưỡng phá hủy do sự ăn mòn do ứng suất X_o do đó được xác định là: $X_o = P1 \times P2 \times P3$.

Ngưỡng phá hủy do sự ăn mòn do ứng suất X_o được xác định như vậy đối với các chi tiết được dập H, I, J, và K được thể hiện trong bảng 7 sau.

Bảng 7: Ngưỡng phá hủy do sự ăn mòn do ứng suất X_o của bốn thử nghiệm tham chiếu H, I, J và K

Thử nghiệm tham chiếu	X_o
H	627
I	570
J	793
K	1417

Các tác giả sáng chế do vậy đã chứng minh rằng nếu X_o cao hơn hoặc bằng 750, và tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 790, các tấm hoặc các chi tiết tương ứng sẽ vượt qua thử nghiệm khả năng chống ăn mòn ứng suất VDA.

Các tiêu chí sau đây được xác định, nếu được thỏa mãn, sẽ đảm bảo cho khả năng chống ăn mòn ứng suất tốt của thép tấm và chi tiết:

$$[455 \exp(-0,5[Mn + 25P]) + [390Cr + 50Mo] + 7 \exp(1,3Si)] [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3] [C_{SCC}] \geq 750$$

Tốt hơn là, trị số X_o cao hơn hoặc bằng 790, và rất tốt là lớn hơn 1100 để có được khả năng chống ăn mòn ứng suất rất cao.

Ngoài ra bằng chứng là việc giảm hàm lượng Mn có thể làm tăng khả năng chống ăn mòn ứng suất, có thể thấy rằng việc tăng hàm lượng crom (0,33% đối với thử nghiệm tham chiếu H, 0,51% đối với thử nghiệm tham chiếu I và khoảng

1% đối với các thử nghiệm tham chiếu J và K) cũng cải thiện khả năng chống ăn mòn ứng suất của chi tiết. Thử nghiệm tham chiếu K cũng chứng minh rằng hàm lượng silic là 1,53% dẫn đến có được khả năng chống ăn mòn ứng suất cao.

Do đó, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất chi tiết được tăng cứng bằng cách ép mang lại một cách đồng thời các đặc tính kéo cơ học cao, độ dai tốt, và khả năng chống ăn mòn ứng suất cao. Có lợi, nếu các chi tiết này sẽ được sử dụng làm các chi tiết kết cấu hoặc gia cường trong ngành công nghiệp ô tô.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thép tấm được cán nóng hoặc được cán nguội và được ủ dũa để tăng cứng bằng cách ép, trong đó thành phần hoá học bao gồm các nguyên tố sau, với hàm lượng được biểu thị theo phần trăm khối lượng :

hoặc là $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$ và $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$,

hoặc $0,38\% < C \leq 0,43\%$ và $0,05\% \leq Mn < 0,4\%$

$0,10\% \leq Si \leq 1,70\%$

$0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$

$0\% \leq Cr \leq 2\%$

$0,25\% \leq Ni \leq 2\%$

$0,015\% \leq Ti \leq 0,10\%$

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

$0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$

$0,003\% \leq N \leq 0,010\%$

$0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$

$0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$

trong đó các hàm lượng của titan và nito thoả mãn điều kiện:

$Ti/N > 3,42$,

và các hàm lượng của cacbon, mangan, crom, và silic thoả mãn điều kiện:

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$$

thành phần hoá học này tuỳ ý còn bao gồm một hoặc nhiều 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 từ quá trình sản xuất,

thép tấm này có hàm lượng niken Ni_{surf} tại điểm bất kỳ của thép trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm tới độ sâu Δ , sao cho:

$Ni_{surf} > Ni_{nom}$,

trong đó Ni_{nom} biểu thị hàm lượng niken danh định của thép,
và sao cho, Ni_{max} là hàm lượng niken cao nhất trong khoảng Δ thoả mãn điều kiện:

$$\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6,$$

và sao cho:

$$\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$$

độ sâu Δ được tính theo micromet,

các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được biểu thị theo phần trăm khối lượng,

và sao cho mật độ bề mặt của tất cả các hạt D_i và mật độ bề mặt của các hạt lớn hơn 2 micromet $D_{(>2\mu m)}$ thoả mãn điều kiện, ít nhất là tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này:

$$D_i + 6,75 D_{(>2\mu m)} < 270$$

D_i và $D_{(>2\mu m)}$ được biểu thị bằng số hạt trên một milimet vuông, và các hạt này bao gồm tất cả các hạt oxit, sulfua, nitrua, ở dạng tinh khiết hoặc kết hợp như oxysulfua và cacbonitrua, có mặt trong nền thép.

2. Thép tấm theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, thành phần của nó, tính theo phần trăm khối lượng, thoả mãn điều kiện:

$$0,39\% \leq C \leq 0,43\%$$

$$0,09\% \leq Mn \leq 0,11\%.$$

3. Thép tấm theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, thành phần của nó, tính theo phần trăm khối lượng, thoả mãn điều kiện:

$$0,95\% \leq Cr \leq 1,05\%$$

4. Thép tấm theo điểm 2 hoặc 3, khác biệt ở chỗ, thành phần của nó, tính theo phần trăm khối lượng, thoả mãn điều kiện:

$$0,48\% \leq Ni \leq 0,52\%.$$

5. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 2 tới 4, khác biệt ở chỗ, thành phần của nó, tính theo phần trăm khối lượng, thoả mãn điều kiện:

$$1,4\% \leq \text{Si} \leq 1,70\%.$$

6. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, vi cấu trúc của nó có dạng ferit-peclit.

7. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, thép này đã được phủ lớp nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc kim loại trên cơ sở nhôm.

8. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, nó đã được phủ lớp kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc kim loại trên cơ sở kẽm.

9. Thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, khác biệt ở chỗ, nó đã được phủ lớp bằng một hoặc nhiều lớp hợp kim liên kim loại chứa nhôm và sắt, và tuỳ ý silic, lớp phủ này không chứa nhôm tự do, pha τ_5 có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và pha τ_6 có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

10. Chi tiết bằng thép thu được bằng cách ép thép tấm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, khác biệt ở chỗ, thép này có cấu trúc mactensit hoặc mactensit-bainit, có độ bền cơ học của nó R_m cao hơn hoặc bằng 1800MPa, và sao cho mật độ bề mặt của tất cả các hạt D_i và mật độ bề mặt của các hạt lớn hơn 2 micromet $D_{(>2\mu\text{m})}$ thoả mãn điều kiện, ít nhất là tới độ sâu 100 micromet trong vùng lân cận bề mặt của thép tấm này:

$$D_i + 6,75 D_{(>2\mu\text{m})} < 270$$

D_i và $D_{(>2\mu\text{m})}$ được biểu thị bằng số hạt trên 1mm^2

và có hàm lượng niken danh định Ni_{nom} , khác biệt ở chỗ, hàm lượng niken Ni_{surf} của thép trong vùng lân cận bề mặt cao hơn Ni_{nom} tới độ sâu Δ , và có Ni_{max} biểu thị hàm lượng niken cao nhất trong khoảng Δ thoả mãn điều kiện:

$$\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6,$$

và thoả mãn điều kiện:

$$\frac{(Ni_{\max} - Ni_{\text{nom}})}{\Delta} \geq 0,01$$

trong đó độ sâu Δ được tính theo micromet,

các hàm lượng $Ni_{\max}$ và Ni_{nom} được biểu thị theo phần trăm khối lượng.

11. Chi tiết bằng thép theo điểm 10, khác biệt ở chỗ, chi tiết này có ít nhất một góc uốn lớn hơn 50° theo hướng cán.

12. Chi tiết bằng thép theo điểm 10 hoặc 11, khác biệt ở chỗ, các hàm lượng của mangan, phospho, crom, molybden và silic thoả mãn điều kiện:

$$[455\text{Exp}(-0,5 [\text{Mn}+25\text{P}]) + [390\text{Cr} + 50\text{Mo}] + 7\text{Exp}(1,3\text{Si})] [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3] [C_{\text{SCC}}] \geq 750$$

trong đó σ_y là giới hạn chảy mà nằm trong khoảng từ 1300MPa đến 1600MPa, và C_{SCC} bằng 1 đối với thép tấm không có lớp mạ, và bằng 0,7 đối với thép tấm có lớp mạ.

13. Chi tiết bằng thép theo điểm 12, khác biệt ở chỗ, các hàm lượng của mangan, phospho, crom, molybden, và silic thoả mãn điều kiện:

$$[455\text{Exp}(-0,5 [\text{Mn}+25\text{P}]) + [390\text{Cr} + 50\text{Mo}] + 7\text{Exp}(1,3\text{Si})] [6 - 1,22 \times 10^{-9} \sigma_y^3] [C_{\text{SCC}}] \geq 1100$$

14. Chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 tới 13, khác biệt ở chỗ, nó được phủ hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc hợp kim kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm do sự khuếch tán giữa nền thép và lớp phủ lót, trong quá trình xử lý bằng nhiệt để tăng cứng bằng cách ép.

15. Phương pháp sản xuất thép tấm được cán nóng như được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, bao gồm các bước liên tiếp sau:

tạo ra thép lỏng mà mangan, silic, niobi, và crom được bổ sung vào, việc bổ sung này được thực hiện trong buồng chân không, tiếp đó

khử lưu huỳnh của kim loại lỏng mà không làm tăng hàm lượng nitơ của nó, tiếp đó

bổ sung titan vào, việc bổ sung này được thực hiện sao cho để tạo ra được kim loại lỏng có thành phần hoá học như được xác định ở điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, tiếp đó

đúc bán thành phẩm, tiếp đó

nung nóng bán thành phẩm này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C đến 1300°C trong thời gian giữ ở nhiệt độ này từ 20 phút tới 45 phút, tiếp đó

cán nóng bán thành phẩm này với nhiệt độ kết thúc cán TFL nằm trong khoảng từ 825°C đến 950°C, để tạo ra thép tấm cán nóng, tiếp đó

cuộn thép tấm cán nóng này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C đến 750°C để tạo ra tấm được cán nóng và được cuộn, tiếp đó

tẩy lớp oxit đã được tạo ra ở các bước trước.

16. Phương pháp sản xuất thép tấm được cán nguội và được ủ như được xác định theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước liên tiếp sau:

cấp tấm đã được cán nóng, cuộn và tẩy, được sản xuất bởi quy trình theo điểm 15, tiếp đó

cán nguội tấm được cán nóng, cuộn và tẩy này để tạo ra thép tấm cán nguội, tiếp đó

ủ thép tấm cán nguội này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 740°C đến 820°C để tạo ra thép tấm được cán nguội và được ủ.

17. Phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ lót, trong đó thép tấm cán được sản xuất theo phương pháp theo điểm 15 hoặc 16 được cấp, tiếp đó việc phủ lót liên tục được thực hiện bằng cách nhúng, lớp phủ lót này là nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm.

18. Phương pháp sản xuất thép tấm có lớp phủ lót và đã được hợp kim hoá trước, trong đó:

thép tấm cán được cấp theo phương pháp theo điểm 16 hoặc 17, tiếp đó việc phủ lót liên tục được thực hiện bằng hợp kim nhôm cường lực hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, tiếp đó

việc xử lý trước bằng nhiệt thép tấm có lớp phủ lót này được thực hiện sao cho lớp phủ lót không còn chứa nhôm tự do, pha τ_5 có dạng $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và pha τ_6 có dạng $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.

19. Phương pháp sản xuất chi tiết bằng thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 10 tới 14, bao gồm các bước liên tiếp sau:

cấp tấm đã được sản xuất bởi phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 tới 18, tiếp đó

cắt tấm này để tạo ra phôi, tiếp đó

tuỳ ý, thực hiện bước tạo hình bằng cách dập nguội phôi này, tiếp đó

nung nóng phôi này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 810°C đến 950°C để thu được cấu trúc austenit hoàn toàn trong thép, tiếp đó

chuyển phôi này vào máy dập, tiếp đó

dập nóng phôi này để tạo ra chi tiết, tiếp đó

giữ chi tiết này trong máy dập để làm tăng cứng bởi sự chuyển hoá mactensit của cấu trúc austenit.

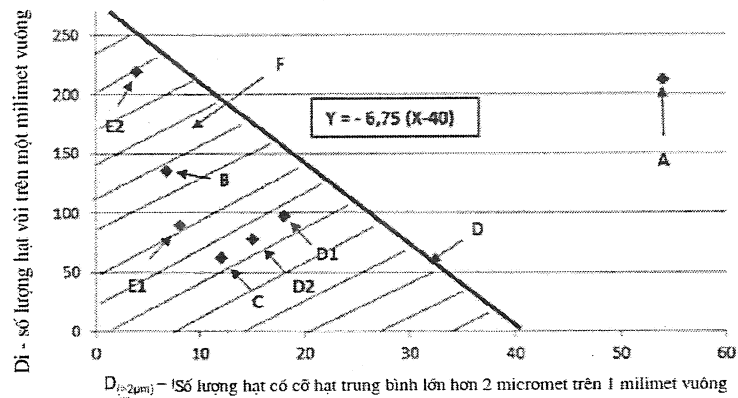
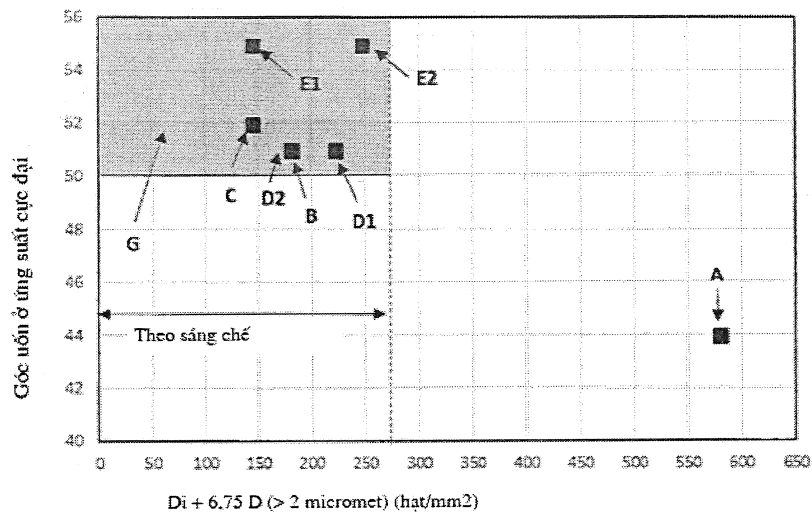


Fig.1

$$2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\% \quad (1)$$

$$\frac{(Ni_{\max} + Ni_{\min})}{2} \quad (2)$$

$$\frac{(Ni_{\max} - Ni_{\min})}{\Delta} \quad (3)$$



AA Góc uốn ở ứng suất cực đại (*)

BB Vùng theo sáng chế

Fig.2

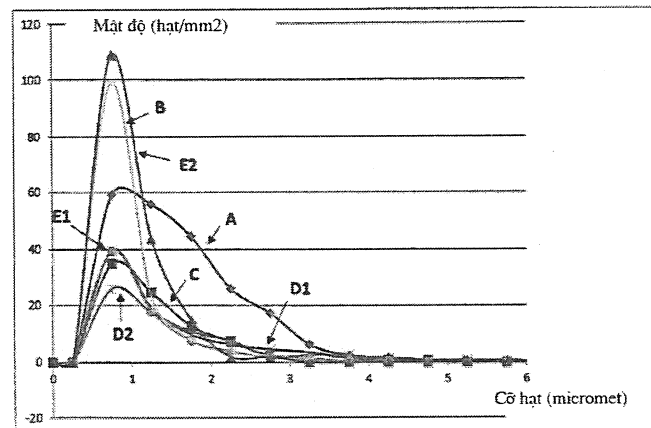


Fig.3