



(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)



1-0032895

C21D 9/46; C23C 2/40; C21D 1/673; (13) B

C21D 8/00; C21D 8/02; C21D 9/00;

(51)^{2016.01} C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04;

C22C 38/06; C23C 2/06; C23C 2/12;

C23C 2/28; C21D 1/06; C21D 1/18

(21) 1-2017-00730

(22) 29/07/2015

(86) PCT/IB2015/001273 29/07/2015

(87) WO2016/016707 04/02/2016

(30) PCT/IB2014/001428 30/07/2014 IB

(45) 25/08/2022 413

(43) 25/05/2017 350A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) COBO, Sébastien (AR); PUERTA VELASQUEZ, Juan David (FR); BEAUVAIS, Martin (FR); VINCI, Catherine (FR).

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

(54) TẤM THÉP ĐỀ TĂNG CỨNG BẰNG CÁCH ÉP, CHI TIẾT ĐƯỢC CHẾ TẠO BẰNG TẤM THÉP NÀY, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP VÀ CHI TIẾT NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán, đề tăng cứng bằng cách ép, có thành phần hóa học tính theo % khối lượng như sau: $0,24\% \leq C \leq 0,38\%$, $0,40\% \leq Mn \leq 3\%$, $0,10\% \leq Si \leq 0,70\%$, $0,015\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0\% \leq Cr \leq 2\%$, $0,25 \leq Ni \leq 2\%$, $0,015\% \leq Ti \leq 0,10\%$, $0\% \leq Nb \leq 0,060\%$, $0,0005\% \leq B \leq 0,0040\%$, $0,003\% \leq N \leq 0,010\%$, $0,0001\% \leq S \leq 0,005\%$, $0,0001\% \leq P \leq 0,025\%$, với điều kiện là hàm lượng titan và nitơ thỏa mãn điều kiện: $Ti/N > 3,42$, và hàm lượng cacbon, mangan, crom và silic thỏa mãn điều kiện:

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

, với thành phần hóa học này còn tùy ý bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố sau: $0,05\% \leq Mo \leq 0,65\%$, $0,001\% \leq W \leq 0,30\%$, $0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$, phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi có nguồn gốc từ quy trình sản xuất, tấm thép này chứa hàm lượng niken Ni_{surf} ở điểm bất kỳ của tấm thép tính từ bề mặt của nó tới độ sâu Δ sao cho $Ni_{surf} > Ni_{nom}$, trong đó Ni_{nom} là hàm lượng niken danh định của tấm thép, và Ni_{max} là

hàm lượng niken lớn nhất trong khoảng Δ sao cho: $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6$ và sao cho:

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

, trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron và các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được tính theo phần trăm khối lượng.

Sáng chế cũng đề cập đến chi tiết được chế tạo bằng tấm thép này, phương pháp sản xuất tấm thép và chi tiết này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép được dự định để chế tạo các chi tiết có độ bền kéo rất cao sau khi tăng cứng bằng cách ép. Như đã biết, quá trình tăng độ cứng bằng cách tôi ở trạng thái bị ép (hay còn được gọi là tăng cứng bằng cách ép) gồm công đoạn nung nóng tấm phôi thép ở nhiệt độ đủ cao để xảy ra quá trình chuyển pha austenit, và sau đó là công đoạn dập nóng tấm phôi này bằng cách giữ chúng trong khuôn ép sao cho thu được vi cấu trúc tôi. Theo một phương án của phương pháp theo sáng chế, tấm phôi này có thể được dập nguội sơ bộ trước khi thực hiện công đoạn nung nóng và tăng cứng bằng cách ép. Các tấm phôi này có thể được mạ trước, chẳng hạn bằng lớp mạ là hợp kim nhôm hoặc hợp kim kẽm. Trong trường hợp này, trong giai đoạn nung nóng trong lò, lớp mạ trước này sẽ tạo thành hợp kim với nền thép nhờ quá trình khuếch tán sao cho có thể tạo ra hợp chất có tác dụng bảo vệ bề mặt của chi tiết thu được chống lại sự khử cacbon và tạo gỉ. Hợp chất này là thích hợp để gia công nóng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các chi tiết thu được như vậy được sử dụng để làm thành phần cấu trúc trong xe ô tô có chức năng chống xâm nhập hoặc hấp thụ năng lượng. Chẳng hạn, chúng có thể được sử dụng để làm bộ phận giảm chấn, trụ gia cố cửa hoặc trụ gia cố giữa xe hoặc thanh giằng của khung xe. Các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép như vậy cũng có thể được sử dụng để chế tạo dụng cụ hoặc các bộ phận của máy nông nghiệp chẳng hạn.

Tùy thuộc vào thành phần của thép và tốc độ làm nguội trong khuôn ép, độ bền kéo thu được có thể đạt mức cao hơn hoặc thấp hơn. Chẳng hạn, công bố đơn yêu cầu cấp patent EP 2,137,327 bộc lộ thép có thành phần gồm: $0,040\% < C < 0,100\%$, $0,80\% < Mn < 2,00\%$, $Si < 0,30\%$, $S < 0,005\%$, $P < 0,030\%$, $0,010\% \leq Al \leq 0,070\%$, $0,015\% < Nb < 0,100\%$, $0,030\% \leq Ti \leq 0,080\%$, $N < 0,009\%$, $Cu, Ni, Mo < 0,100\%$, $Ca < 0,006\%$, với độ bền kéo R_m lớn hơn 500 MPa có thể thu được sau khi tăng cứng bằng cách ép.

Công bố đơn yêu cầu cấp patent FR 2,780,984 bộc lộ giải pháp để thu được độ bền cao hơn: tấm thép chứa $0,15\% < C < 0,5\%$, $0,5\% < Mn < 3\%$, $0,1\% < Si < 0,5\%$,

$0,01\% < \text{Cr} < 1\%$, $\text{Ti} < 0,2\%$, Al và $\text{P} < 0,1\%$, $\text{S} < 0,05\%$, $0,0005\% < \text{B} < 0,08\%$ có thể đạt được độ bền R_m lớn hơn 1000 hoặc thậm chí là lớn hơn 1500 MPa.

Độ bền như vậy là đủ để đáp ứng yêu cầu của nhiều ứng dụng. Tuy nhiên, do nhu cầu làm giảm mức tiêu thụ năng lượng của các loại xe cộ nên cần nghiên cứu chế tạo các loại xe cộ có khối lượng nhẹ hơn nữa nhờ sử dụng các bộ phận có độ bền kéo cao hơn nữa, điều này có nghĩa là cần có độ bền R_m cao hơn 1800 MPa. Do một số bộ phận cần được sơn phủ và cho qua chu trình sấy lớp sơn, nên cần phải đạt được trị số này cả khi có lẫn khi không có bước sấy bằng nhiệt.

Độ bền ở mức độ như vậy thường đi liền với vi cấu trúc gồm toàn bộ hoặc chủ yếu là mactensit. Đã biết rằng kiểu vi cấu trúc này có độ bền thấp đối với hiện tượng tạo vết nứt trễ: sau khi tăng cứng bằng cách ép, trên thực tế các bộ phận thu được rất dễ bị nứt hoặc vỡ sau một khoảng thời gian, dưới tác động kết hợp của ba yếu tố:

- vi cấu trúc phần lớn là mactensit;

- lượng đủ hydro có thể khuếch tán. Lượng này có thể được đưa vào trong quá trình nung tấm phôi trong lò trước khi thực hiện bước đập nóng và tăng cứng bằng cách ép: trên thực tế, hơi nước có mặt trong lò có thể bị phân giải và hấp thụ lên bề mặt của tấm phôi.

- sự có mặt với mức đủ của ứng suất áp lực hoặc ứng suất dư.

Để giải quyết vấn đề về vết nứt trễ, đã có đề xuất kiểm soát chặt chẽ môi trường không khí trong lò nung nóng lại và điều kiện cắt các tấm phôi nhằm làm giảm ứng suất xuống đến mức tối thiểu. Việc dùng nhiệt để xử lý tiếp các bộ phận thu được bằng cách đập nóng cũng được đề xuất để loại bỏ khí hydro. Tuy nhiên, các công đoạn này hiện chỉ được áp dụng hạn chế trong các ngành công nghiệp muốn có được vật liệu có thể tránh được nguy cơ nêu trên và có sẵn các nguồn chi phí bổ sung.

Việc tạo các lớp phủ đặc biệt trên bề mặt của tấm thép để làm giảm mức độ hấp thụ hydro cũng đã được đề xuất. Tuy nhiên, cần có quy trình đơn giản hơn mà vẫn có thể tạo ra độ bền chống vết nứt trễ tương đương.

Do đó, cần tìm kiếm một phương pháp sản xuất các bộ phận có đồng thời cả độ bền kéo R_m rất cao lẫn độ bền cao đối với hiện tượng tạo vết nứt trễ sau khi tăng cứng bằng cách ép; rất khó để dung hòa các mục đích này.

Ngoài ra, đã biết rằng từ thép có thành phần giàu các nguyên tố có tác dụng thúc đẩy quá trình tôi và/hoặc quá trình tăng độ cứng (C, Mn, Cr, Mo, v.v...) sẽ thu được các tấm cán nóng có độ cứng cao hơn. Việc tăng độ cứng này sẽ gây bất lợi cho việc chế tạo các tấm cán nguội có độ dày khác nhau, do khả năng cán hạn chế của các trục cán nguội. Do đó, độ bền quá cao của tấm cán nóng sẽ không cho phép thu được các tấm cán nguội rất mỏng. Vì vậy, cần tìm kiếm phương pháp có thể tạo ra tấm cán nguội có độ dày thay đổi trong một khoảng rộng.

Ngoài ra, sự có mặt với lượng lớn của các nguyên tố thúc đẩy quá trình tôi và/hoặc quá trình tăng độ cứng có thể gây ra hậu quả xấu trong quá trình xử lý cơ nhiệt vì sự biến thiên của một số thông số trong quy trình sản xuất (nhiệt độ cuối công đoạn cán, nhiệt độ công đoạn cuộn, sự biến thiên tốc độ làm nguội trên bề rộng của dải vật liệu cán) có thể dẫn đến sự biến thiên các đặc tính cơ học trong tấm thép. Do đó, cần có thành phần thép ít nhạy cảm hơn với sự biến thiên của một số thông số sản xuất nhất định sao cho có thể sản xuất được tấm thép có độ đồng đều tốt về đặc tính cơ học.

Cũng cần có thành phần thép có thể được mạ một cách dễ dàng, đặc biệt là bằng cách nhúng nóng, sao cho có thể tạo ra tấm thép này ở các dạng khác nhau như: không mạ, hoặc được mạ bằng hợp kim nhôm hoặc hợp kim kẽm tùy thuộc vào yêu cầu kỹ thuật của người sử dụng cuối.

Cũng cần có quy trình chế tạo tấm thép có thể được xử lý bằng cách cắt cơ học nhằm tạo ra các tấm phôi thích hợp cho công đoạn tăng cứng bằng cách ép, tức là độ bền kéo của nó phải không được quá cao ở công đoạn này để không làm hỏng dụng cụ cắt hoặc dụng cụ đột dập.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là giải quyết tất cả các vấn đề nêu trên bằng phương pháp sản xuất có hiệu quả kinh tế.

Các tác giả sáng chế đã bất ngờ phát hiện ra rằng các vấn đề nêu trên có thể được giải quyết bằng cách tạo ra tấm thép có thành phần nêu dưới đây, trong đó tấm thép này có đặc điểm là được làm giàu Ni trong vùng bề mặt của nó.

Nhằm mục đích này, sáng chế đề xuất tấm thép cán, để tăng cứng bằng cách ép, có thành phần hóa học, được biểu thị theo hàm lượng khối lượng, như sau: $0,24\% \leq C \leq$

0,38%, 0,40% ≤ Mn ≤ 3%, 0,10% ≤ Si ≤ 0,70%, 0,015% ≤ Al ≤ 0,070%, 0% ≤ Cr ≤ 2%, 0,25% ≤ Ni ≤ 2%, 0,015% ≤ Ti ≤ 0,10%, 0% ≤ Nb ≤ 0,060%, 0,0005% ≤ B ≤ 0,0040%, 0,003% ≤ N ≤ 0,010%, 0,0001% ≤ S ≤ 0,005%, 0,0001% ≤ P ≤ 0,025%, trong đó hàm lượng titan và nito điều kiện: $Ti/N > 3,42$, hàm lượng cacbon, mangan, crom và silic thỏa mãn điều kiện: $2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15} \geq 1,1\%$, và thành phần hóa học tùy ý còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố sau: 0,05% ≤ Mo ≤ 0,65%, 0,001% ≤ W ≤ 0,30%, 0,0005% ≤ Ca ≤ 0,005%, với phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi có nguồn gốc từ quy trình sản xuất, tấm thép này có hàm lượng niken Ni_{surf} ở điểm bất kỳ trong phạm vi từ bề mặt tới độ sâu Δ của nó thỏa mãn điều kiện $Ni_{surf} > Ni_{nom}$, trong đó Ni_{nom} là hàm lượng niken danh định của tấm thép, và Ni_{max} là hàm lượng niken lớn nhất trong phạm vi Δ , sao cho: $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6$ và sao cho $\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$, trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron và hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được tính theo phần trăm khối lượng.

Theo phương án thứ nhất, thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: 0,32% ≤ C ≤ 0,36%, 0,40% ≤ Mn ≤ 0,80%, 0,05% ≤ Cr ≤ 1,20%.

Theo phương án thứ hai, thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: 0,24% ≤ C ≤ 0,28%, 1,50% ≤ Mn ≤ 3%.

Tốt hơn nếu hàm lượng silic của tấm thép này thỏa mãn điều kiện 0,50% ≤ Si ≤ 0,60%.

Theo một phương án đặc biệt, thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: 0,30% ≤ Cr ≤ 0,50%.

Tốt hơn nếu thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: 0,30% ≤ Ni ≤ 1,20%, và tốt hơn nữa nếu: 0,30% ≤ Ni ≤ 0,50%.

Tốt hơn nếu hàm lượng titan thỏa mãn điều kiện: 0,020% ≤ Ti.

Có lợi nếu thành phần của tấm thép này bao gồm: 0,020% ≤ Ti ≤ 0,040%.

Theo một phương án ưu tiên, thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: 0,15% ≤ Mo ≤ 0,25%.

Tốt hơn nếu thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: $0,010\% \leq Nb \leq 0,060\%$, và tốt hơn nữa nếu: $0,030\% \leq Nb \leq 0,050\%$.

Theo một phương án đặc biệt, thành phần của tấm thép này bao gồm, tính theo phần trăm khối lượng: $0,50\% \leq Mn \leq 0,70\%$.

Có lợi nếu vi cấu trúc của tấm thép này là ferit-peclit.

Theo một phương án ưu tiên, tấm thép này là tấm cán nóng.

Tốt hơn nếu tấm này là tấm đã được cán nóng và ủ.

Theo một phương án đặc biệt, tấm thép này được mạ trước bằng lớp kim loại là nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm.

Theo một phương án đặc biệt, tấm thép này được mạ trước bằng lớp kim loại là kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm.

Theo một phương án khác, tấm thép này được mạ trước bằng một hoặc nhiều lớp phủ là hợp kim liên kim loại chứa nhôm và sắt và có thể cả silic, trong đó lớp mạ trước này không chứa nhôm tự do, pha τ_5 kiểu $Fe_3Si_2Al_{12}$, và τ_6 kiểu $Fe_2Si_2Al_{19}$.

Sáng chế cũng đề xuất chi tiết được chế tạo bằng cách tăng cứng bằng cách ép tấm thép có thành phần theo phương án bất kỳ trong số các phương án nêu trên và có cấu trúc mactensit hoặc cấu trúc mactensit-bainit.

Tốt hơn nếu chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép này chứa hàm lượng niken danh định Ni_{nom} , trong đó hàm lượng niken Ni_{surf} trong tấm thép ở phần gần bề mặt là lớn hơn Ni_{nom} cho tới độ sâu Δ , và trong đó Ni_{max} là hàm lượng niken lớn nhất trong phạm vi Δ , thỏa mãn điều kiện $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6$, và điều kiện $\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$, trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron và các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được tính theo phần trăm khối lượng.

Có lợi nếu chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép này có độ bền kéo R_m bằng hoặc lớn hơn 1800 MPa.

Theo một phương án ưu tiên, chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép này được mạ bằng nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, hoặc kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm, nhờ quá trình khuếch tán giữa nền thép và lớp mạ trước trong bước xử lý nhiệt của công đoạn tăng cứng bằng cách ép.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng bao gồm các bước kế tiếp, theo đó sản phẩm trung gian có thành phần hóa học theo một trong số các phương án nêu trên được đúc, và sau đó được nung nóng lại tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C tới 1300°C và được giữ ở nhiệt độ này trong khoảng thời gian từ 20 tới 45 phút. Sản phẩm trung gian này được cán nóng tới khi nhiệt độ cuối của công đoạn cán, ERT, nằm trong khoảng từ 825°C tới 950°C để thu được tấm thép cán nóng, và sau đó tấm cán nóng này được cuộn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C tới 750°C để thu được tấm thép cán nóng ở dạng cuộn, và sau đó lớp oxit tạo thành trong các bước trước được loại bỏ bằng cách tẩy gỉ.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội và ủ, đặc trưng ở chỗ phương pháp này bao gồm các bước kế tiếp theo đó tấm thép cán nóng được cung cấp, cuộn và tẩy gỉ, được sản xuất theo phương pháp đã mô tả ở trên và sau đó tấm thép đã được cán nóng, cuộn và tẩy gỉ này được cán nguội để thu được tấm cán nguội. Tấm cán nguội này được ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 740°C tới 820°C để thu được tấm thép đã cán nguội và ủ.

Theo một phương án có lợi, tấm thép cán được sản xuất theo một trong số các phương pháp nêu trên được cung cấp và sau đó được tạo lớp mạ trước liên tục bằng cách nhúng nóng, trong đó lớp mạ trước 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.

Theo cách có lợi, sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép được mạ trước và hoặc hợp kim hóa trước, theo đó tấm thép cán theo một trong số các phương án nêu trên được cung cấp và sau đó được tạo lớp mạ trước liên tục bằng cách nhúng nóng với hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm và sau đó việc xử lý nhiệt sơ bộ tấm thép có lớp mạ trước này được thực hiện ở nhiệt độ θ_1 nằm trong khoảng từ 620 tới 680°C trong thời gian duy trì t_1 nằm trong khoảng từ 6 tới 15 giờ, sao cho lớp phủ trước này không còn chứa nhôm tự do ở pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và τ_6 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$, và sao cho quá trình chuyển pha austenit không xảy ra trong nền thép, trong đó việc xử lý sơ bộ này được thực hiện trong lò trong môi trường khí hydro và nitơ.

Sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép, bao gồm các bước kế tiếp theo đó tấm thép được sản xuất bằng phương pháp theo một trong các phương án nêu trên được cung cấp và sau đó tấm thép này được cắt thành

phôi và sau đó một bước tùy ý là làm biến dạng bằng cách dập nguội được thực hiện trên phôi này. Phôi này được nung nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 810°C tới 950°C để thu được cấu trúc austenit toàn phần trong tấm thép và sau đó phôi này được chuyển vào trong khuôn ép. Phôi này được dập nóng để thu được chi tiết cần thiết và sau đó nó được giữ trong khuôn ép để thu được tác dụng tăng độ cứng nhờ quá trình chuyển pha của cấu trúc austenitic thành mactensit.

Sáng chế cũng mô tả việc sử dụng chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép có các đặc tính nêu trên hoặc được sản xuất theo phương pháp nêu trên để sản xuất các chi tiết kết cấu hoặc gia cường dùng trong xe cộ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ kèm theo

Các đặc trưng và ưu điểm khác của sáng chế sẽ được làm rõ trong phần mô tả dưới đây dựa theo ví dụ và các hình vẽ kèm theo sau:

Fig. 1 là đồ thị thể hiện sự biến thiên của hàm lượng niken trong vùng gần bề mặt của tấm thép hoặc chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép và minh họa các thông số cần để xác định sáng chế: Ni_{max} , Ni_{surf} , Ni_{nom} và Δ .

Fig. 2 là đồ thị thể hiện độ bền kéo của các chi tiết dập nóng đã được tăng cứng bằng cách ép dưới dạng hàm số của thông số kết hợp các hàm lượng C, Mn, Cr và Si của tấm thép.

Fig. 3 là đồ thị thể hiện hàm lượng hydro có thể khuếch tán đo được trong các chi tiết dập nóng đã được tăng cứng bằng cách ép dưới dạng hàm số của thông số biểu thị tổng hàm lượng niken trong vùng gần bề mặt của tấm thép.

Fig. 4 là đồ thị thể hiện hàm lượng hydro có thể khuếch tán đo được trong các chi tiết dập nóng đã được tăng cứng bằng cách ép dưới dạng hàm số của thông số biểu thị mức độ giàu Ni trong lớp bề mặt của tấm thép.

Fig. 5 là đồ thị thể hiện sự biến thiên của hàm lượng niken trong vùng gần bề mặt của các tấm thép có thành phần khác nhau.

Fig. 6 là đồ thị thể hiện sự biến thiên của hàm lượng niken trong vùng gần bề mặt của các tấm thép có thành phần như nhau nhưng được xử lý bằng hai chế độ chuẩn bị bề mặt khác nhau trước khi tăng cứng bằng cách ép.

Fig. 7 là đồ thị thể hiện sự biến thiên của hàm lượng hydro có thể khuếch tán dưới dạng hàm số của mức độ giàu niken trong lớp bề mặt của các tấm thép được xử lý bằng hai chế độ chuẩn bị bề mặt trước khi tăng cứng bằng cách ép.

Fig. 8 và Fig. 9 là các ảnh chụp cấu trúc của các tấm cán nóng theo sáng chế.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Tốt hơn nếu độ dày của tấm kim loại được dùng trong phương pháp theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,5 mm tới 4 mm, tức là khoảng độ dày thường được sử dụng trong quy trình sản xuất các chi tiết kết cấu hoặc gia cường cho công nghiệp ô tô. Có thể thu được khoảng độ dày này bằng cách cán nóng hoặc sau khi cán nguội và ủ. Khoảng độ dày là thích hợp để gia công trong các dụng cụ tăng cứng bằng cách ép công nghiệp, cụ thể là các khuôn dập nóng.

Có lợi nếu thép theo sáng chế chứa các nguyên tố như được mô tả dưới đây, trong đó hàm lượng các thành phần được tính theo khối lượng.

Hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% tới 0,38%. Nguyên tố này có ảnh hưởng chủ yếu tới khả năng tôi và độ bền kéo thu được sau khi làm nguội tiếp theo bước austenit hóa. Nếu hàm lượng này thấp hơn 0,24% khối lượng, thì độ bền kéo sẽ không thể đạt được mức 1800 MPa sau khi tăng độ cứng bằng cách ram trong khuôn ép mà không phải bổ sung thêm các nguyên tố đất hiếm khác. Nếu hàm lượng này cao hơn 0,38% khối lượng, thì nguy cơ tạo vết nứt trễ sẽ tăng lên và nhiệt độ chuyển biến dẻo-gòn, đo bằng thử nghiệm uốn Charpy trên mẫu thử có khía, sẽ lớn hơn -40°C , tức là đã làm giảm quá nhiều độ dai.

Với hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,32% tới 0,36% khối lượng, thì có thể thu được các đặc tính mục tiêu một cách ổn định đồng thời vẫn giữ được khả năng hàn ở mức chấp nhận được và chi phí sản xuất vừa phải.

Mức độ thích hợp để hàn điểm sẽ đặc biệt tốt khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% tới 0,28%.

Như sẽ thấy dưới đây, hàm lượng cacbon này cũng phải được xác định kết hợp với hàm lượng mangan, crom và silic.

Ngoài vai trò là chất khử oxy, mangan còn có ảnh hưởng tới khả năng tôi: hàm lượng của nó phải lớn hơn 0,40% khối lượng để có được nhiệt độ bắt đầu quá trình

chuyển pha Ms (austenit $\rightarrow$ mactensit) đủ thấp ở bước làm nguội trong khuôn ép, nhờ vậy có thể làm tăng độ bền Rm. Có thể làm tăng độ bền chống vết nứt trễ bằng cách hạn chế hàm lượng mangan này ở mức 3%. Trên thực tế, mangan tạo thiên tích ở ranh giới hạt austenit và làm tăng nguy cơ tạo thành vết gãy giữa các hạt khi có mặt hydro. Mặt khác, như sẽ được giải thích dưới đây, độ bền chống vết nứt trễ có được chủ yếu là nhờ vào sự có mặt của lớp bề mặt giàu niken. Không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết nào, các tác giả sáng chế cho rằng khi hàm lượng mangan là quá dư, một lớp oxit dày sẽ được tạo thành trong quá trình nung nóng lại miếng thép, do vậy niken sẽ không có thời gian để khuếch tán với lượng đủ để nằm dưới lớp sắt và mangan oxit này.

Tốt hơn nếu hàm lượng mangan được xác định cùng với hàm lượng cacbon và có thể là cả hàm lượng crom.

Khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,32% tới 0,36% khối lượng, cùng với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 0,40% tới 0,80% và hàm lượng crom nằm trong khoảng từ 0,05% tới 1,20%, thì có thể thu được tấm thép có độ bền chống vết nứt trễ tuyệt vời nhờ sự có mặt của lớp bề mặt giàu niken đặc biệt hiệu quả và đồng thời mức độ thích hợp để cắt cơ học cũng rất tốt. Lý tưởng là hàm lượng mangan này nằm trong khoảng từ 0,50% tới 0,70% để thu được cả độ bền kéo cao lẫn độ bền chống vết nứt trễ tốt.

Khi hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% tới 0,28% kết hợp với hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 1,50% tới 3%, thì mức độ thích hợp để hàn điểm là đặc biệt tốt.

Thành phần với các khoảng hàm lượng như vậy cho phép thu được nhiệt độ bắt đầu làm nguội để chuyển pha (austenit $\rightarrow$ mactensit) Ms nằm trong khoảng từ 320°C tới 370°C và bằng cách này có thể đảm bảo được rằng các chi tiết được hóa cứng bằng nhiệt sẽ có độ bền đủ cao.

Hàm lượng silic trong thép theo sáng chế phải nằm trong khoảng từ 0,10% tới 0,70% khối lượng: với hàm lượng silic cao hơn 0,10%, có thể thu được mức tăng độ cứng bổ sung và silic tham gia vào quá trình khử oxy của thép lỏng. Tuy nhiên, hàm lượng của nguyên tố này phải được giới hạn ở mức 0,70% để tránh sự tạo thành quá mức của các oxit bề mặt trong bước nung nóng lại và/hoặc bước ủ và không ảnh hưởng tới khả năng mạ bằng cách nhúng nóng.

Tốt hơn nếu hàm lượng silic này cao hơn 0,50% để tránh hiện tượng mềm hóa mactensit mới tạo thành có thể xảy ra khi chi tiết được giữ trong khuôn ép sau quá trình chuyển pha mactensit. Tốt hơn nếu hàm lượng silic này thấp hơn 0,60% để nhiệt độ chuyển pha Ac3 (ferit + peclit → austenit) không quá cao. Nếu không, sẽ cần phải nung nóng lại tấm phôi tới nhiệt độ cao hơn trước khi dập nóng, điều này sẽ làm giảm hiệu quả của phương pháp.

Với lượng bằng hoặc lớn hơn 0,015%, nhôm là nguyên tố thúc đẩy phản ứng khử oxy trong kim loại lỏng trong quá trình sản xuất, và làm kết tủa nitơ. Ở hàm lượng cao hơn 0,070%, nó có thể tạo thành aluminat thô trong quá trình sản xuất thép, dẫn tới làm giảm độ dai. Tối ưu là hàm lượng nguyên tố này nằm trong khoảng từ 0,020% tới 0,060%.

Crom làm tăng khả năng tôi và góp phần vào việc thu được mức Rm mong muốn sau khi tăng cứng bằng cách ép. Với hàm lượng cao hơn 2% khối lượng, mức độ ảnh hưởng của crom đến độ đồng đều của các đặc tính cơ học trong chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép sẽ đạt mức bão hoà. Với hàm lượng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05% tới 1,20%, nguyên tố này góp phần vào việc làm tăng độ bền. Theo phương án ưu tiên, có thể thu được tác dụng mong muốn đến độ bền kéo và hiện tượng tạo vết nứt trễ bằng cách bổ sung crom với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,30% tới 0,50% trong khi vẫn hạn chế được các chi phí bổ sung. Khi hàm lượng mangan ở mức đủ, tức là khi hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 1,50% tới 3%, thì việc bổ sung crom được xem là tùy ý, vì khả năng tôi thu được nhờ mangan đã được coi là đủ.

Ngoài các điều kiện đối với từng nguyên tố C, Mn, Cr và Si nêu trên, các tác giả sáng chế thấy rằng hàm lượng các nguyên tố này cần phải được xem xét cùng nhau: thực tế, đồ thị trên Fig. 2 thể hiện độ bền kéo của các tấm phôi đã được tăng cứng bằng cách ép có các thành phần thép khác nhau, trong đó các hàm lượng biến thiên của cacbon (từ 0,22% tới 0,36%), mangan (từ 0,4% tới 2,6%), crom (từ 0% tới 1,3%) và silic (từ 0,1% tới 0,72%) được kết hợp dưới dạng hàm số $P_1 = 2,6C + \frac{Mn}{5,3} + \frac{Cr}{13} + \frac{Si}{15}$

Số liệu thể hiện trong Fig. 2 được xác định từ các tấm phôi được nung nóng tới vùng austenit ở nhiệt độ 850°C hoặc 900°C, được giữ ở nhiệt độ này trong 150 giây và sau đó được dập nóng và được tôi bằng cách giữ trong khuôn ép. Trong tất cả các trường

hợp, cấu trúc của chi tiết thu được sau khi dập nóng hoàn toàn là mactensit. Đường thẳng 1 là biên dưới của độ bền kéo thu được. Mặc dù có sự phân tán kết quả do sự đa dạng của các thành phần được nghiên cứu, có thể thấy rằng sẽ thu được trị số tối thiểu 1800 MPa khi thông số P_1 lớn hơn 1,1%. Nếu điều kiện này được thỏa mãn, nhiệt độ chuyển pha Ms khi làm nguội trong khuôn ép sẽ thấp hơn 365°C. Trong các điều kiện như vậy, tỷ phần mactensit tự ram, dưới ảnh hưởng của việc lưu giữ trong khuôn ép, là cực kỳ hạn chế, còn lượng mactensit không ram là rất lớn, cho phép thu được độ bền kéo cao.

Titan có ái lực cao với nitơ. Do hàm lượng nitơ của thép theo sáng chế, hàm lượng titan phải bằng hoặc lớn hơn 0,015% để tạo ra kết tụ một cách có hiệu quả. Với hàm lượng lớn hơn 0,020% khối lượng, titan sẽ bảo vệ bo sao cho nguyên tố này có mặt ở dạng tự do thích hợp để phát huy tác dụng đến khả năng tôi. Hàm lượng của nguyên tố này phải lớn hơn 3,42 N, trong đó lượng này được xác định theo hệ số tỷ lượng của phản ứng kết tụ TiN sao cho không còn nitơ tự do. Tuy nhiên, với lượng lớn hơn 0,10%, sẽ có nguy cơ tạo thành hợp chất titan nitrua thô trong thép lỏng tác động bất lợi tới độ dai. Tốt hơn nếu hàm lượng titan nằm trong khoảng từ 0,020% tới 0,040%, sao cho có thể tạo thành hợp chất nitrua mịn hạn chế sự phát triển của các hạt austenit trong quá trình nung nóng lại tấm phôi này trước khi dập nóng.

Với hàm lượng lớn hơn 0,010% khối lượng, niobi tạo thành niobi cacbonitrua là thành phần cũng có thể hạn chế sự phát triển của các hạt austenit trong quá trình nung nóng lại tấm phôi. Tuy nhiên, hàm lượng niobi cần phải được hạn chế ở mức 0,060% do nó có khả năng hạn chế sự tái kết tinh trong quá trình cán nóng, do vậy làm tăng lực cán và gây khó khăn cho quá trình sản xuất. Tác dụng tối ưu thu được khi hàm lượng niobi nằm trong khoảng từ 0,030% tới 0,050%.

Với hàm lượng lớn hơn 0,0005% khối lượng, bo làm tăng khả năng tôi một cách rất mạnh mẽ. Bằng cách khuếch tán vào các điểm giao nhau của ranh giới hạt austenit, nó phát huy tác dụng có lợi bằng cách ngăn ngừa sự phân tách phospho trong vùng giữa các hạt. Với hàm lượng lớn hơn 0,0040%, tác dụng này bị bão hoà.

Với hàm lượng nitơ cao hơn 0,003 có thể thu được kết tụ TiN, Nb(CN) hoặc (Ti, Nb)(CN) nêu trên để hạn chế sự phát triển của các hạt austenit. Tuy nhiên, hàm lượng này phải được giới hạn ở mức 0,010% để tránh sự tạo thành các kết tụ thô.

Tùy ý, tấm thép theo sáng chế có thể còn chứa molybden với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,05% tới 0,65% khối lượng: nguyên tố này tạo thành đồng kết tụ với niobi và titan. Các kết tụ này rất bền nhiệt, củng cố tác dụng hạn chế sự phát triển của các hạt austenit khi nung nóng. Sẽ thu được tác dụng tối ưu khi hàm lượng molybden nằm trong khoảng từ 0,15% tới 0,25%.

Theo một phương án, thép theo sáng chế cũng có thể chứa vonfram với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,001% tới 0,30% khối lượng. Với hàm lượng này, vonfram làm tăng khả năng tôi và khả năng cứng hóa do có sự tạo thành các carbua.

Tùy ý, thép theo sáng chế có thể còn chứa canxi với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% tới 0,005%: bằng cách kết hợp canxi với oxy và lưu huỳnh, có thể tránh được sự tạo thành thể vùi (inclusion) kích thước lớn có tác động tiêu cực tới độ dai của tấm thép hoặc các chi tiết được sáng chế bằng cách này.

Khi có mặt với lượng dư, lưu huỳnh và phospho sẽ làm tăng độ giòn. Vì vậy hàm lượng lưu huỳnh cần được hạn chế ở mức 0,005% theo khối lượng để tránh sự tạo thành quá mức sulfua. Tuy nhiên, hàm lượng lưu huỳnh cực kỳ thấp, tức là dưới 0,001%, là không cần thiết và tốn kém vì nó không mang lại thêm lợi ích gì.

Vì các lý do tương tự, hàm lượng phospho nên nằm trong khoảng từ 0,001% tới 0,025% khối lượng. Với hàm lượng dư, nguyên tố này sẽ tạo thiên tích ở các điểm giao nhau của các hạt austenit và làm tăng nguy cơ tạo vết nứt trễ do rãnh gãy giữa các hạt.

Niken là nguyên tố quan trọng của thép theo sáng chế: thực tế, các tác giả sáng chế thấy rằng nguyên tố này, với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,25% tới 2% khối lượng, sẽ làm giảm rất đáng kể tính mỏi cảm với hiện tượng gãy trễ khi nó được phân bố tập trung dưới dạng đặc biệt tại bề mặt của tấm thép hoặc chi tiết:

Để giải thích điều này, các thông số đặc trưng của sáng chế được mô tả trong Fig. 1, là đồ thị trình bày sự biến thiên hàm lượng niken trong vùng gần bề mặt của tấm thép, trong đó mức độ làm giàu bề mặt được thể hiện. Để thuận tiện, chỉ một bề mặt của tấm thép được thể hiện, nhưng cần hiểu rằng phần mô tả dưới đây cũng áp dụng với các bề mặt khác của tấm thép này. Thép theo sáng chế có hàm lượng niken danh định là Ni_{nom} . Do phương pháp sản xuất sẽ được mô tả dưới đây, tấm thép này được làm giàu niken trong vùng bề mặt của nó, tới hàm lượng lớn nhất là Ni_{max} . Hàm lượng lớn nhất Ni_{max} này được thấy trên bề mặt của tấm thép, như được thể hiện trong Fig. 1, hoặc dưới bề

mặt này một chút, ở khoảng vài chục hoặc vài trăm nanomet, và điều này không làm thay đổi phần mô tả dưới đây và các kết quả thu được theo sáng chế. Tương tự, sự biến thiên của hàm lượng niken có thể không phải là tuyến tính, như được thể hiện dưới dạng đồ thị trong Fig. 1, nhưng sẽ có biên dạng đặc trưng do kết quả của hiện tượng khuếch tán. Về mặt này, việc định nghĩa các thông số đặc trưng dưới đây cũng đúng cho loại biên dạng như vậy. Do đó, vùng bề mặt giàu niken này được đặc trưng ở chỗ là tại mọi điểm hàm lượng niken cục bộ Ni_{surf} của thép luôn thỏa mãn điều kiện $Ni_{surf} > Ni_{nom}$. Vùng được làm giàu Ni này có độ sâu là Δ .

Bằng cách nghiên cứu hai thông số P_2 và P_3 đặc trưng cho vùng bề mặt được làm giàu, các tác giả sáng chế đã bất ngờ phát hiện thấy rằng có thể thu được độ bền chống vết nứt trễ khi hai thông số này thỏa mãn một số điều kiện nhất định. Trước tiên, các tác giả xác định:

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

Thông số thứ nhất này mô tả tổng hàm lượng niken trong lớp giàu Ni với độ sâu Δ và tương ứng với vùng gạch chéo trong Fig. 1.

Thông số thứ hai là P_3 được xác định như sau:

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

Thông số thứ hai này mô tả gradien hàm lượng niken trung bình, tức là mức độ làm giàu trong lớp có độ sâu Δ .

Các tác giả sáng chế đã tìm cách xác định điều kiện để ngăn ngừa hiện tượng tạo vết nứt trễ trong các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có độ bền kéo rất cao. Xin nhắc lại rằng phương pháp theo sáng chế này tạo ra tấm phôi thép, có thể không được mạ trước hoặc được mạ trước bằng lớp mạ kim loại (nhôm hoặc hợp kim nhôm, hoặc kẽm hoặc hợp kim kẽm), tấm phôi thép này được gia nhiệt và tiếp đó được chuyển vào khuôn ép dập nóng. Trong bước nung nóng, hơi nước có mặt với lượng nhất định trong lò có thể hấp thụ lên bề mặt của tấm phôi. Hydro sinh ra từ phản ứng phân ly nước có thể hòa tan vào trong nền thép austenit ở nhiệt độ cao. Sự xâm nhập của hydro được tạo điều kiện thuận lợi bởi môi trường không khí trong lò có điểm ngưng tụ cao, nhiệt độ austenit hóa đáng kể và thời gian lưu giữ dài. Trong bước làm nguội, độ tan của hydro bị giảm mạnh.

Sau khi trở về tới nhiệt độ môi trường, lớp mạ được tạo thành bởi quá trình hợp kim hóa giữa lớp phủ trước kim loại và nền thép sẽ tạo thành một rào chắn hầu như kín khít ngăn cản sự giải hấp hydro. Lượng đáng kể hydro có thể khuếch tán do đó sẽ làm tăng nguy cơ tạo vết nứt trễ trong nền thép có cấu trúc mactensit. Vì thế, các tác giả sáng chế đã tìm cách làm giảm hàm lượng hydro có thể khuếch tán này trong các chi tiết thu được sau khi dập nóng xuống tới mức rất thấp, tức là nhỏ hơn hoặc bằng 0,16ppm. Hàm lượng rất nhỏ này đảm bảo rằng chi tiết chịu ứng suất uốn bằng với giới hạn chảy của vật liệu, trong 150 giờ, sẽ không bị nứt.

Các tác giả sáng chế đã chứng tỏ được rằng kết quả này có thể đạt được khi bề mặt của chi tiết được dập nóng hoặc bề mặt của tấm thép hoặc phôi thép trước khi dập nóng có các đặc tính đặc biệt như sau:

Đồ thị trên Fig. 3, thể hiện số liệu được đo trên các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép có độ bền R_m nằm trong khoảng từ 1800 MPa tới 2140 Mpa, cho thấy rằng hàm lượng hydro có thể khuếch tán này phụ thuộc vào thông số P_2 nêu trên. Hàm lượng hydro có thể khuếch tán thấp hơn 0,16ppm thu được khi $\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta) \geq 0,6$, trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron và các hàm lượng Ni_{max} và Ni_{nom} được tính theo phần trăm khối lượng.

Đồ thị trên Fig. 4, thể hiện số liệu được đo trên chính các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép đã nêu, cũng cho thấy rằng hàm lượng hydro có thể khuếch tán thấp hơn 0,16ppm thu được khi mức độ làm giàu niken trong lớp Δ đạt giá trị tới hạn so với hàm lượng danh định Ni_{nom} , tức là khi thông số P_3 thỏa mãn điều kiện: $\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta} \geq 0,01$, trong đó các đơn vị đo là giống như các đơn vị được dùng để xác định thông số P_2 . Trên đồ thị ở Fig. 4, điều này được thể hiện bằng đường cong 2, tương ứng với các kết quả được thể hiện ở phần dưới.

Không muốn bị ràng buộc bởi lý thuyết nào, các tác giả sáng chế cho rằng các dấu hiệu nêu trên tạo ra tác dụng rào chắn ngăn cản sự thẩm thấu của hydro vào tấm thép ở nhiệt độ cao, cụ thể bằng cách làm giàu niken tại điểm giao nhau của các hạt austenit sẽ hạn chế được hiện tượng khuếch tán hydro.

Phần còn lại của thành phần tấm thép là sắt và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình sản xuất.

Dưới đây phương pháp theo sáng chế sẽ được mô tả: sản phẩm trung gian có thành phần tấm thép nêu trên được đúc. Sản phẩm trung gian này có thể có dạng miếng với độ dày thông thường nằm trong khoảng từ 200 mm tới 250 mm, hoặc dạng miếng mỏng với độ dày cỡ khoảng vài chục milimet, hoặc hình dạng thích hợp bất kỳ khác. Sản phẩm trung gian này được nung tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C tới 1300°C và được giữ trong khoảng nhiệt độ này trong khoảng thời gian từ 20 tới 45 phút. Do thành phần tấm thép dùng trong sáng chế, lớp oxit về cơ bản là giàu sắt và mangan sẽ được tạo thành bởi phản ứng với oxy trong môi trường khí của lò; trong lớp oxit này niken tan rất ít và tồn tại chủ yếu dưới dạng kim loại. Song song với sự phát triển lớp oxit này, niken khuếch tán về phía bề mặt chung giữa lớp oxit và nền thép, từ đó làm xuất hiện lớp giàu niken trong tấm thép. Trong giai đoạn này, độ dày của lớp giàu niken đặc biệt phụ thuộc vào hàm lượng niken danh định của thép theo sáng chế, cũng như nhiệt độ và điều kiện lưu giữ định trước. Trong chu trình sản xuất tiếp theo, lớp giàu niken ban đầu này sẽ đồng thời:

- mỏng đi, do tốc độ khử trong các bước cán kế tiếp;
- dày lên, do tấm thép này được giữ ở nhiệt độ cao trong các bước sản xuất tiếp theo. Tuy nhiên, mức độ dày lên sẽ ít hơn so với trong bước nung nóng lại miếng thép.

Chu trình sản xuất tấm cán nóng thường bao gồm các bước:

- cán nóng (chẳng hạn cán thô, cán tinh) ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C tới 825°C;
- làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 500°C tới 750°C.

Các tác giả sáng chế thấy rằng sự biến thiên của các thông số cán nóng và làm nguội, trong khoảng được xác định cho sáng chế, về cơ bản là không làm thay đổi các đặc tính cơ học, vì quy trình theo sáng chế chịu được sự biến thiên trong các khoảng này tới mức không gây ảnh hưởng tới sản phẩm được tạo ra.

Trong giai đoạn này, tấm thép cán nóng, với độ dày thông thường khoảng từ 1,5 mm tới 4,5 mm, được tẩy gỉ bằng quy trình đã biết trong lĩnh vực, để loại bỏ lớp oxit, làm cho lớp giàu niken được phân bố trong vùng gần bề mặt của tấm thép.

Khi muốn thu được tấm thép mỏng hơn, bước cán nguội được thực hiện với hệ số giảm thích hợp, chẳng hạn trong khoảng từ 30% tới 70%, và sau đó bước ủ được thực hiện ở nhiệt độ thường nằm trong khoảng từ 740°C tới 820°C để tái kết tinh kim loại đã được hóa cứng. Sau bước xử lý nhiệt này, tấm thép có thể được làm nguội để thu được tấm thép không mạ, hoặc được mạ bằng cách nhúng nóng liên tục trong bể, bằng cách sử dụng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này, và cuối cùng được làm nguội.

Các tác giả sáng chế thấy rằng, trong các sản xuất nêu trên, bước nung nóng lại miếng thép trong khoảng nhiệt độ và thời gian lưu giữ đặc thù là bước có ảnh hưởng chủ yếu tới các đặc tính của lớp giàu niken trong tấm thép cuối cùng. Cụ thể, đã thấy rằng chu trình ủ tấm cán nguội, không phụ thuộc vào việc có bước mạ hay không, chỉ có ảnh hưởng phụ tới các đặc tính của lớp bề mặt giàu niken. Nói cách khác, ngoại trừ hệ số giảm trong bước cán nguội, tỷ lệ thuận với mức độ làm mỏng lớp giàu niken, đặc tính làm giàu niken của lớp này hầu như giống nhau trên tấm thép cán nóng và trên tấm thép còn qua bước cán nguội và bước ủ bổ sung, không phụ thuộc vào việc có bước mạ trước bằng cách nhúng nóng hay không.

Lớp mạ trước có thể là nhôm, hợp kim nhôm (chứa hơn 50% nhôm) hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm (nhôm là thành phần chủ yếu). Có lợi nếu lớp mạ trước này là hợp kim nhôm-silic chứa theo khối lượng từ 7% tới 15% silic, 2% tới 4% sắt và tùy ý từ 15ppm tới 30ppm canxi, phần còn lại là nhôm và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình sản xuất.

Lớp mạ trước này cũng có thể là hợp kim nhôm chứa 40% tới 45% Zn, 3% tới 10% Fe, 1% tới 3% Si, phần còn lại là nhôm và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình sản xuất.

Theo một phương án, lớp mạ trước này có thể là hợp kim nhôm, ở dạng liên kim loại chứa sắt. Kiểu lớp mạ trước này được tạo ra bằng cách xử lý nhiệt sơ bộ tấm thép đã được mạ trước bằng nhôm hoặc hợp kim nhôm. Bước xử lý nhiệt sơ bộ này được thực hiện ở nhiệt độ θ_1 trong khoảng thời gian duy trì t_1 , sao cho lớp phủ trước này không còn chứa nhôm tự do ở pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$ và τ_3 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$ và sao cho không để xảy ra quá trình chuyển pha austenit trong nền thép. Tốt hơn nếu nhiệt độ θ_1 này nằm trong khoảng từ 620°C tới 680°C, và thời gian lưu giữ t_1 nằm trong khoảng từ 6 tới 15 giờ. Theo cách này sẽ xảy ra sự khuếch tán của sắt từ tấm thép theo sáng chế tới lớp nhôm

hoặc hợp kim nhôm. Kiểu mạ trước này do đó có thể gia nhiệt tấm phôi, trước bước dập nóng, với tốc độ cao hơn hẳn, cho phép giảm đến mức tối thiểu thời gian lưu giữ ở nhiệt độ cao trong quá trình nung nóng lại tấm phôi này, có nghĩa là làm giảm lượng hydro hấp thụ trong quá trình nung nóng tấm phôi này.

Theo cách khác, lớp mạ trước này có thể được mạ điện hoặc hợp kim hóa bằng cách mạ điện, tức là có hàm lượng sắt nằm trong khoảng từ 7% tới 12% sau khi bước xử lý hợp kim hóa nhiệt được tiến hành trong quy trình nối tiếp ngay sau bề mạ điện.

Lớp mạ trước này cũng có thể là dãy gồm nhiều lớp được kết lắng trong các bước liên tiếp, trong đó ít nhất một trong các lớp này có thể là nhôm hoặc hợp kim nhôm.

Sau khi được sản xuất theo cách nêu trên, tấm thép thu được được cắt hoặc đột dập bằng các phương pháp đã biết trong lĩnh vực này để thu được tấm phôi có dạng hình học gần với dạng hình học cuối của chi tiết cần thu được sau khi dập và tăng cứng bằng cách ép. Như đã được giải thích ở phần trên, việc cắt các tấm thép chứa từ 0,32% tới 0,36% C, từ 0,40% tới 0,80% Mn và từ 0,05% tới 1,20% Cr là đặc biệt dễ dàng vì độ bền kéo tương đối thấp liên quan tới vi cấu trúc ferit-peclit ở giai đoạn này.

Các tấm phôi thu được được gia nhiệt lên tới nhiệt độ trong khoảng từ 810°C tới 950°C để austenit hóa hoàn toàn nền thép, được dập nóng, và sau đó được giữ trong khuôn ép cho xảy ra quá trình chuyển pha mactensit. Tỷ số kéo giãn áp dụng trong bước dập nóng có thể là nhỏ hơn hoặc lớn hơn tùy theo việc đã có bước biến dạng nguội (bước dập) trước khi austenit hóa hay chưa. Các tác giả sáng chế thấy rằng các chu trình gia nhiệt để tăng cứng bằng cách ép, bao gồm nung nóng tấm phôi gần nhiệt độ chuyển pha Ac3 và sau đó giữ chúng ở nhiệt độ này trong vài phút, không gây ra sự thay đổi đáng kể trong lớp giàu niken.

Nói cách khác, các đặc tính của lớp bề mặt giàu niken là tương tự nhau trong tấm thép trước khi tăng cứng bằng cách ép và trong chi tiết thu được từ tấm thép này sau khi tăng cứng bằng cách ép.

Do thép với thành phần như trong sáng chế này có nhiệt độ chuyển pha Ac3 thấp hơn so với các thép thông thường, nên có thể austenit hóa các tấm phôi với nhiệt độ-thời gian lưu giữ giảm hơn, điều này cũng làm giảm mức độ hấp thụ hydro trong lò nung nóng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ dưới đây sẽ minh họa các ưu điểm của sáng chế này mà không làm giới hạn phạm vi của nó.

Ví dụ 1:

Các sản phẩm thép trung gian được cung cấp có thành phần nêu trong Bảng 1.

Bảng 1: Thành phần thép (% khối lượng)

Mã	C (%)	Mn (%)	Al (%)	Si (%)	Cr (%)	Mo (%)	Ni (%)	Nb (%)	Ti (%)	P (%)	S (%)	B (%)	N (%)	P1 (%)
A	0,35	0,62	0,027	0,69	0,51	0,20	0,41	0,04	0,02	0,01	0,001	0,0029	0,0040	1,11
B	0,35	0,62	0,031	0,70	0,51	0,20	0,79	0,04	0,02	0,01	0,001	0,0029	0,0040	1,11
C	0,35	0,61	0,035	0,69	1,05	0,20	0,79	0,04	0,02	0,01	0,001	0,0029	0,0050	1,15
D	0,34	0,61	0,032	0,69	0,98	0,20	1,19	0,04	0,02	0,01	0,001	0,0028	0,0050	1,12
E	0,25	2,99	0,051	0,10	0	0	1	0,026	0,036	0,011	0,001	0,0024	0,0058	1,22
F	0,25	1,57	0,041	0,11	2,00	0,61	1,49	0	0,036	0,011	0,001	0,0024	0,0054	1,11
G	0,28	2,62	0,030	0,10	0	0,25	<u>0</u>	0	0,076	0,01	0,001	0,0024	0,0040	1,20
H	0,32	2,09	0,032	<u>0,72</u>	1,31	0,31	<u>0</u>	0	0,08	0,015	0,001	0,0021	0,0040	1,37
I	0,36	1,21	0,031	0,25	0,19	0	<u>0</u>	0	0,04	0,015	0,003	0,0030	0,0041	1,19
J	<u>0,22</u>	1,20	0,045	0,25	0,21	0	<u>0</u>	0	0,02	0,015	0,003	0,0030	0,0035	<u>0,83</u>
K	0,25	2,19	0,032	0,10	0	0	<u>0</u>	0,04	<u>0</u>	0,01	0,003	0,0030	0,0045	<u>1</u>

Các số được gạch chân là các trị số không phù hợp với sáng chế.

Các sản phẩm trung gian này được nung nóng lên tới 1275°C và giữ ở nhiệt độ đó trong 45 phút, sau đó được cán nóng với nhiệt độ cuối công đoạn cán ERT là 950°C, và nhiệt độ công đoạn cuộn là 650°C. Các tấm thép thu được sau khi cán nóng được tẩy gỉ trong bể axit có chứa chất ức chế sao cho chỉ loại bỏ lớp oxit được tạo thành trong quá trình sản xuất trước đó và sau đó được cán nguội tới độ dày 1,5 mm. Các tấm thép thu được được cắt thành tấm có hình dạng của tấm phôi. Mức độ thích hợp để cắt cơ học được đánh giá bằng lực cần để thực hiện công đoạn này. Tính chất này đặc biệt liên quan tới độ bền kéo và độ cứng của tấm thép ở giai đoạn này. Sau đó, tấm phôi này được nung nóng tới nhiệt độ như nêu trong Bảng 2 và giữ ở nhiệt độ này khoảng 150 giây trước khi được dập nóng và làm nguội bằng cách giữ trong khuôn ép. Tốc độ làm nguội, được đo trong khoảng từ 750°C tới 400°C, nằm trong khoảng từ 180°C/s tới 210°C/s. Độ bền kéo Rm của các chi tiết thu được, có cấu trúc mactensit, được đo bằng cách sử dụng mẫu 12,5×50 theo ISO thử nghiệm kéo.

Tiếp theo, một số tấm phôi được làm nóng tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 850°C tới 950°C trong 5 phút trong lò dưới môi trường không khí có điểm ngưng tụ bằng -5°C. Các tấm phôi này tiếp đó được dập nóng trong các điều kiện giống như các điều kiện nêu trên. Sau đó, lượng hydro có thể khuếch tán trong các chi tiết thu được được đo bằng phương pháp phân tích giải hấp nhiệt (TDA) đã biết trong lĩnh vực này: trong phương pháp này, mẫu cần thử nghiệm được nung nóng tới 900°C trong lò nung hồng ngoại dưới dòng khí nitơ. Hàm lượng hydro thu được từ quá trình giải hấp được đo ở các nhiệt độ khác nhau. Lượng hydro có thể khuếch tán được xác định bằng tổng lượng hydro được giải hấp giữa nhiệt độ môi trường và 360°C. Sự biến thiên hàm lượng niken trong tấm thép ở phần gần bề mặt cũng được đo trên các tấm thép đã được dập nóng bằng cách sử dụng quang phổ phóng điện phát quang (GDOES, “Glow Discharge Optical Emission Spectrometry,” một kỹ thuật đã biết trong lĩnh vực này). Trị số của các thông số Ni_{max} , Ni_{surf} , Ni_{nom} và Δ cũng có thể được xác định theo cách này.

Kết quả của các thử nghiệm này được nêu trong Bảng 2.

Bảng 2: Điều kiện nung nóng tấm phôi và đặc tính sau khi tăng cứng bằng cách ép

Mã	Mức độ thích hợp để cắt của tấm thép	Nhiệt độ nung nóng (°C)	Rm (MPa)	$\frac{(Ni_{max} + Ni_{nom})}{2} \times (\Delta)$ (% x μm)	$\frac{(Ni_{max} - Ni_{nom})}{\Delta}$ (%/ μm)	Hydro có thể khuếch tán (ppm)
A	○	900	1950	0,6	0,01	0,16
B	○	900	1950	3,1	0,75	0,10
C	○	900	1950	1,6	0,4	0,12
D	○	900	1950	2,0	0,91	0,13
E		850	1962	10,6	0,02	0,09
F		850	1803	10,4	0,025	0,08
G		850	1965	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,32</u>
H		900	2069	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,29</u>
I	○	900	1981	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,25</u>
J	○	900	<u>1538</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,27</u>
K		900	<u>1769</u>	<u>0</u>	<u>0</u>	<u>0,30</u>

. Các số được gạch chân là các trị số không phù hợp với sáng chế;

. ○ = tấm thép đặc biệt thích hợp để cắt.

Các tấm thép A-D là đặc biệt thích hợp để cắt vì chúng có cấu trúc ferit-peclit. Các tấm thép và chi tiết A-F sau khi tăng cứng bằng cách ép có lớp bề mặt với thành phần và hàm lượng niken phù hợp với sáng chế.

Các ví dụ A-D cho thấy rằng thép chứa C với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,32% tới 0,36%, Mn với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,40% tới 0,80%, Cr với hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,05% tới 1,20% kết hợp với hàm lượng niken danh định nằm trong khoảng từ 0,30% tới 1,20% và lớp đặc biệt giàu nguyên tố này cho phép thu được độ bền Rm cao hơn 1950 MPa và hàm lượng hydro có thể khuếch tán nhỏ hơn hoặc bằng 0,16ppm.

Ví dụ thử nghiệm A cho thấy rằng hàm lượng niken có thể được giảm xuống từ 0,30% tới 0,50% để thu được kết quả thỏa đáng về mặt độ bền kéo và độ bền chống vết nứt trễ trong các điều kiện sản xuất tiết kiệm.

Các ví dụ E-F cho thấy rằng có thể thu được kết quả thỏa đáng với thép chứa hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,24% tới 0,28% và hàm lượng mangan nằm trong khoảng từ 1,50% tới 3%. Trị số cao của thông số $\frac{(Ni_{\max} + Ni_{\text{nom}})}{2} \times (\Delta)$ cho thấy hàm lượng hydro có thể khuếch tán là đặc biệt thấp.

Ngược lại, các chi tiết trong các ví dụ G-K có hàm lượng hydro có thể khuếch tán cao hơn 0,25ppm do thép không có lớp bề mặt giàu niken. Ngoài ra, các ví dụ J-K tương ứng với các thành phần thép có thông số P_1 thấp hơn 1,1% nên không thu được độ bền Rm 1800 MPa sau khi tăng cứng bằng cách ép.

Đối với các thành phần thép A-D và H, tức là các thép có hàm lượng cacbon nằm trong khoảng từ 0,32% tới 0,35%, các đồ thị so sánh hàm lượng niken dưới dạng hàm số của độ sâu so với bề mặt của tấm thép đo được bằng phương pháp GDOES được thể hiện trên Fig. 5. Ký hiệu bên cạnh mỗi đường cong trên đồ thị này tương ứng với ký hiệu thép. Có thể thấy rằng trái ngược với tấm thép không chứa niken (ký hiệu H), các tấm thép theo sáng chế này có sự giàu niken trong lớp bề mặt. Ở hàm lượng niken danh định nhất định (0,79%), như có thể thấy từ ví dụ B và C, với hàm lượng crom biến thiên trong khoảng từ 0,51% tới 1,05%, sự giàu niken trong lớp bề mặt này vẫn được duy trì, đáp ứng được các điều kiện của sáng chế.

Ví dụ 2:

Các tấm cán nóng thép có thành phần tương ứng với thành phần của thép E và F nêu trên, tức là có chứa niken với hàm lượng lần lượt là 1% và 1,49%, được tạo ra theo các điều kiện nêu trên.

Sau khi cán, các tấm thép này được xử lý theo hai chế độ:

X: tẩy gỉ bằng axit chứa chất ức chế sao cho chỉ có lớp oxit được loại bỏ;

Y: nghiền tới cỡ 100 μm .

Đồ thị trên Fig. 6, thể hiện hàm lượng niken đo được bằng quang phổ phóng điện phát quang từ bề mặt của tấm thép F, cho thấy rằng trong chế độ xử lý X, vẫn có mặt lớp bề mặt giàu niken (đường cong X), trong khi đó chế độ xử lý bằng cách nghiền đã loại bỏ cả lớp oxit và lẫn lớp giàu niken nằm dưới (đường cong Y).

Sau khi được cán nguội tới độ dày bằng 1,5 mm, các tấm phôi thu được được nung nóng tới 850°C trong lò với tốc độ 10°C/s, được giữ ở nhiệt độ đó trong vòng phút và sau đó được dập nóng. Sau khi xử lý theo hai chế độ nêu trên, hàm lượng hydro có thể khuếch tán đo được trong các chi tiết thu được là như sau:

Xử lý trước tấm thép	Chi tiết E: Hàm lượng hydro có thể khuếch tán (ppm)	Chi tiết F: Hàm lượng hydro có thể khuếch tán (ppm)
Tẩy gỉ giữ lại lớp giàu niken	0,09	0,08
Nghiền loại bỏ lớp giàu niken	0,21	0,19

Fig. 7 thể hiện hàm lượng hydro có thể khuếch tán dưới dạng hàm số của thành phần thép và chế độ xử lý. Ví dụ, ký hiệu EX chỉ việc tấm thép và chi tiết thu được sau khi dập nóng được làm từ thép có thành phần E và chế độ xử lý X.

Các kết quả này cho thấy rằng lớp bề mặt giàu niken, tức là có gradien hàm lượng niken đủ mức, là cần thiết để thu được hàm lượng hydro có thể khuếch tán ở mức thấp.

Ví dụ 3:

Sản xuất các miếng thép dày 235 mm có thành phần như sau:

Bảng 3: Thành phần thép (% tính theo khối lượng)

C	Mn	Al	Si	Cr	Mo	Ni	Nb	Ti	P	S	B	N	P1
(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)	(%)
0,35	0,65	0,043	0,58	0,38	0,19	0,39	0,039	0,033	0,004	0,001	0,0029	0,005	1,1

Làm nóng các miếng thép thu được tới 1290°C và giữ ở nhiệt độ đó trong vòng 30 phút.

Tiếp theo, chúng được cán nóng tới độ dày bằng 3,2 mm với các nhiệt độ cuộn hoặc nhiệt độ cuối công đoạn làm lạnh nguội khác nhau. Các đặc tính độ bền kéo (giới hạn chảy Re, độ bền kéo Rm, độ dẫn dài tổng Et) của các tấm cán nóng này được trình bày trong Bảng 4.

Bảng 4: Các điều kiện gia công tấm cán nóng và các đặc tính cơ học thu được

Mẫu thử thử nghiệm	Nhiệt độ cuối công đoạn cán (°C)	Nhiệt độ công đoạn cuộn (°C)	Re (MPa)	Rm (MPa)	Et (%)
T	940	660	506	718	18,5
U	870	650	507	726	19,2
V	900	580	578	762	17,4

Với nhiệt độ công đoạn cuộn gần bằng nhau (các thử nghiệm T và U), có thể thấy rằng sự biến thiên nhiệt độ cuối công đoạn cán ở mức 70°C chỉ có ảnh hưởng rất nhỏ tới các đặc tính cơ học. Với nhiệt độ cuối công đoạn cán không khác biệt nhiều (các thử nghiệm U và V), có thể thấy rằng việc giảm nhiệt độ công đoạn cuộn từ 650°C xuống còn 580°C chỉ có ảnh hưởng khá nhỏ, cụ thể là độ bền chỉ biến đổi ít hơn 5%. Từ đó có thể thấy rằng các tấm thép được sản xuất theo các điều kiện của sáng chế này không

nhạy cảm với các biến động của quy trình sản xuất, khiến cho các dải thép thu được sau khi cuộn có độ đồng đều rất tốt.

Ảnh chụp trên các Fig. 8 và 9 thể hiện vi cấu trúc của các tấm cán nóng thu được lần lượt từ thử nghiệm T và V. Có thể thấy rằng các vi cấu trúc ferit-peclit sau hai chế độ xử lý nêu trên là rất giống nhau.

Các tấm cán nóng này được tẩy gỉ một cách liên tục theo cách sao cho chỉ loại bỏ lớp oxit được tạo thành trong bước trước đó đồng thời giữ lại lớp giàu niken. Các tấm này tiếp đó được cán tới độ dày đích là 1,4 mm. Không phụ thuộc vào điều kiện cán nóng, luôn có thể thu được độ dày mong muốn này; lực cán là tương tự trong các điều kiện khác nhau.

Các tấm này sau đó được ủ ở nhiệt độ bằng 760°C, ngay trên nhiệt độ chuyển pha Ac1, và sau đó được làm nguội và mạ nhôm liên tục bằng cách ram trong bể chứa 9% silic theo khối lượng, 3% sắt theo khối lượng và phần còn lại nhôm và các tạp chất không tránh khỏi. Kết quả là các tấm này được phủ một lớp có mật độ khoảng 80 g/m² trên bề mặt; lớp phủ này có độ dày rất đều và không có khuyết tật.

Các tấm phôi thu được theo các điều kiện của thử nghiệm T nêu trong Bảng 4 nêu trên sau đó được cắt, được nung nóng dưới các điều kiện khác nhau và được dập nóng. Trong tất cả các trường hợp, tốc độ làm nguội nhanh làm cho nền thép có cấu trúc mactensit. Một số chi tiết còn được đưa qua chu trình nhiệt để sấy lớp sơn.

Bảng 4: Các điều kiện gia công tấm cán nóng và các đặc cơ học thu được

Mẫu thử nghiệm	Nhiệt độ nung nóng/thời gian giữ trong lò	Chu trình sấy lớp sơn	Re (MPa)	Rm (MPa)	Et (%)
T1	900°C 7 phút	Không	1337	1944	6,5
T2	900°C 7 phút	170°C 20 phút	1495	1825	7,4
T3	930°C 10 phút	Không	1296	1915	7
T4	930°C 10 phút	170°C 20 phút	1471	1827	7,5

Để thấy rằng độ bền thu được luôn cao hơn 1800 MPa, không phụ thuộc vào nhiệt độ và thời gian lưu giữ tấm phôi trong lò, có hay không có bước sấy lớp sơn tiếp sau.

Ví dụ 4:

Chuẩn bị các tấm thép đã được cán nguội và ủ, có độ dày 1,4 mm và thành phần tương ứng với các thép A và J nêu trên, tức là chứa hàm lượng niken lần lượt là 0,39% và 0%, và được sản xuất theo các điều kiện được xác định trong Ví dụ 1. Tiếp theo, tạo lớp mạ bằng cách nhúng nóng trong bể có thành phần được nêu trong Ví dụ 3. Kết quả là thu được các tấm có lớp mạ trước là hợp kim nhôm dày 30 μm , từ đó cắt thành các tấm phôi.

Các tấm phôi này được austenit hóa trong lò ở nhiệt độ tối đa là 900°C trong môi trường được kiểm soát có điểm ngưng tụ bằng -10°C và tổng thời gian lưu giữ tấm phôi này trong lò là 5 hoặc 15 phút. Sau khi austenit hóa, tấm phôi này được nhanh chóng chuyển từ lò tới khuôn ép dập nóng và được tôi bằng cách giữ trong khuôn ép này. Các điều kiện thử nghiệm được nêu trong Bảng 5 là tiêu biểu cho phương pháp dập nóng tấm mỏng áp dụng trong công nghiệp.

Bảng 5: Các điều kiện tiến hành thử nghiệm dập nóng trên các tấm phôi có lớp mạ trước là hợp kim nhôm

Điều kiện thử nghiệm	Các thông số austenit hóa trong lò			Các thông số dập nóng		
	Điểm ngưng tụ (°C)	Nhiệt độ (°C)	Thời gian giữ trong lò (phút)	Thời gian chuyển (giây)	Áp lực được sử dụng (kN)	Thời gian tôi trong khuôn ép (giây)
5	-10	900	5	8	5500	6
6	-10	900	15	8	5500	6

Các đặc tính kéo cơ học (độ bền Rm và độ giãn dài tổng Et) và hàm lượng hydro có thể khuếch tán được đo trên các chi tiết thu được sau khi tăng cứng bằng cách ép và được trình bày trong Bảng 6.

Bảng 6: Các đặc tính cơ học và hàm lượng hydro có thể khuếch tán đo được trên các chi tiết thu được sau khi tăng cứng bằng cách ép có lớp mạ trước là hợp kim nhôm

Mẫu thử thí nghiệm	Mẫu thép	Chu trình sấy lớp sơn	Các đặc tính cơ học		Hydro có thể khuếch tán (ppm)
			Rm (MPa)	Et (%)	
A5	A	Không	1912	6,2	0,07
J5	J	Không	<u>1537</u>	6,3	<u>0,18</u>
A6	A	Không	1923	6	0,09
J6	J	Không	<u>1528</u>	6	<u>0,2</u>

Dễ thấy rằng độ bền thu được của các chi tiết A5-A6 đều cao hơn 1800 MPa và hàm lượng hydro có thể khuếch tán luôn thấp hơn 0,16ppm, trong khi đó thì ở các chi tiết J5-J6, độ bền lại thấp hơn 1800 MPa và hàm lượng hydro có thể khuếch tán cao hơn 0,16ppm. Trong các điều kiện của sáng chế, các đặc tính về độ bền và hàm lượng hydro dao động rất ít theo thời gian lưu giữ trong lò, đảm bảo cho việc thu được độ ổn định cao của quy trình sản xuất.

Tóm lại, theo sáng chế này có thể sản xuất được các chi tiết được tăng cứng bằng cách ép đồng thời có cả độ bền kéo rất cao và độ bền chống vết nứt trễ cao. Chúng có thể được sử dụng một cách có lợi làm các chi tiết kết cấu hoặc gia cường trong lĩnh vực sản xuất ô tô.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán, để tăng cứng bằng cách ép, có thành phần hóa học được biểu thị theo tỷ lệ % khối lượng như sau:

$$0,24\% \leq C \leq 0,38\%$$

$$0,40\% \leq Mn \leq 3\%$$

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

với điều kiện là hàm lượng titan và nitơ thỏa mãn điều kiện:

$$Ti/N > 3,42,$$

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

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

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

$$0,05\% \leq Mo \leq 0,65\%$$

$$0,001\% \leq W \leq 0,30\%$$

$$0,0005\% \leq Ca \leq 0,005\%$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi trong quá trình sản xuất,

trong đó tấm thép này có hàm lượng niken Ni_{surf} ở điểm bất kỳ của tấm thép tính từ bề mặt của nó tới độ sâu Δ thỏa mãn điều kiện:

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

trong đó Ni_{nom} là hàm lượng niken danh định của tấm thép,

và Ni_{max} là hàm lượng niken lớn nhất trong khoảng Δ sao cho thỏa mãn điều kiện:

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

và sao cho:

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

trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron, và

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

2. Tấm thép theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,32\% \leq C \leq 0,36\%$$

$$0,40\% \leq Mn \leq 0,80\%$$

$$0,05\% \leq Cr \leq 1,20\%.$$

3. Tấm thép theo điểm 1, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,24\% \leq C \leq 0,28\%$$

$$1,50\% \leq Mn \leq 3\%$$

4. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 3, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,50\% \leq Si \leq 0,60\%.$$

5. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 4, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,30\% \leq Cr \leq 0,50\%.$$

6. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,30\% \leq \text{Ni} \leq 1,20\%.$$

7. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 6, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,30\% \leq \text{Ni} \leq 0,50\%.$$

8. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 7, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,020\% \leq \text{Ti}$$

9. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 8, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,020\% \leq \text{Ti} \leq 0,040\%.$$

10. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 9, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,15\% \leq \text{Mo} \leq 0,25\%.$$

11. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 10, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,010\% \leq \text{Nb} \leq 0,060\%.$$

12. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 11, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,030\% \leq \text{Nb} \leq 0,050\%.$$

13. Tấm thép theo điểm 2, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có thành phần tính theo % khối lượng như sau:

$$0,50\% \leq \text{Mn} \leq 0,70\%.$$

14. Tấm thép theo điểm 2, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này có vi cấu trúc ferit-peclit.

15. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 14, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này là tấm cán nóng.
16. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 14, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này là tấm thép đã được cán nguội và ủ.
17. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 16, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này được mạ trước bằng lớp kim loại là nhôm hoặc hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm.
18. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 16, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này được mạ trước bằng lớp kim loại là kẽm hoặc hợp kim kẽm hoặc hợp kim trên cơ sở kẽm.
19. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 16, đặc trưng ở chỗ, tấm thép này được mạ trước bằng một hoặc nhiều lớp phủ là hợp kim liên kim loại chứa nhôm và sắt và có thể cả silic, trong đó lớp mạ trước này không chứa nhôm tự do, pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và τ_6 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_9$.
20. Chi tiết được chế tạo bằng cách tăng cứng bằng cách ép tấm thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 13 có cấu trúc mactensit hoặc cấu trúc mactensit-bainit.
21. Chi tiết theo điểm 20, trong đó chi tiết này chứa hàm lượng niken danh định Ni_{nom} , đặc trưng ở chỗ, hàm lượng niken Ni_{surf} ở phần gần bề mặt tấm thép lớn hơn Ni_{nom} cho tới độ sâu Δ , và thỏa mãn các điều kiện sau, với Ni_{max} là hàm lượng niken lớn nhất trong phạm vi Δ :

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

và:

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

trong đó độ sâu Δ được tính bằng micron, và

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

22. Chi tiết theo điểm 20 hoặc 21, đặc trưng ở chỗ, chi tiết này có độ bền kéo R_m bằng hoặc lớn hơn 1800 MPa.
23. Chi tiết theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 20 tới 22, đặc trưng ở chỗ, chi tiết này được mạ 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 mạ trước này, trong quá trình xử lý nhiệt để tăng cứng bằng cách ép.
24. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng, đặc trưng ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước kế tiếp sau:
- đúc sản phẩm trung gian có thành phần hóa học theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 13, và sau đó
 - nung nóng lại sản phẩm trung gian này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1250°C tới 1300°C và giữ ở nhiệt độ này trong khoảng thời gian từ 20 phút tới 45 phút, và sau đó
 - cán nóng sản phẩm trung gian này tới khi nhiệt độ cuối của công đoạn cán (ERT, end of rolling temperature) nằm trong khoảng từ 825°C tới 950°C để thu được tấm thép đã cán nóng, và sau đó
 - cuộn tấm cán đã nóng này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500°C tới 750°C để thu được tấm thép cán nóng ở dạng cuộn, và sau đó
 - tẩy gỉ lớp oxit tạo thành trong các bước trước đó.
25. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội và ủ, đặc trưng ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước kế tiếp sau:
- cung cấp tấm thép đã được cán nóng, cuộn và tẩy gỉ, được sản xuất theo phương pháp theo điểm 24, và sau đó
 - cán nguội tấm thép đã được cán nóng, cuộn và tẩy gỉ tấm này để thu được tấm thép cán nguội, và sau đó
 - ủ tấm thép đã được cán nguội này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 740°C tới 820°C để thu được tấm thép đã được cán nguội và ủ.

26. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ trước, phương pháp này bao gồm bước cung cấp tấm thép cán được sản xuất bằng phương pháp theo điểm 24 hoặc 25, và sau đó là bước tạo lớp mạ trước bằng cách nhúng nóng liên tục, trong đó lớp mạ trước 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.
27. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ trước và hợp kim hóa trước, phương pháp này bao gồm các bước:
- cung cấp tấm thép cán được sản xuất bằng phương pháp theo điểm 24 hoặc 25, và sau đó tạo lớp mạ trước bằng cách nhúng nóng liên tục với hợp kim nhôm hoặc hợp kim trên cơ sở nhôm, và sau đó
 - xử lý nhiệt sơ bộ tấm thép đã được tạo lớp mạ trước này ở nhiệt độ θ_1 nằm trong khoảng từ 620°C tới 680°C trong khoảng thời gian lưu giữ t_1 nằm trong khoảng từ 6 giờ tới 15 giờ, sao cho lớp mạ trước này không còn chứa nhôm tự do ở pha τ_5 kiểu $\text{Fe}_3\text{Si}_2\text{Al}_{12}$, và τ_6 kiểu $\text{Fe}_2\text{Si}_2\text{Al}_{19}$, và sao cho quá trình chuyển pha austenit không xảy ra trong nền thép, trong đó bước xử lý sơ bộ này được thực hiện trong lò dưới môi trường khí hydro và nitơ.
28. Phương pháp sản xuất chi tiết đã được tăng cứng bằng cách ép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 20 tới 23, phương pháp này bao gồm các bước kế tiếp sau:
- cung cấp tấm thép được sản xuất bằng phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 24 tới 27, và sau đó
 - cắt tấm thép này thành phôi, và sau đó
 - tùy ý làm biến dạng phôi này bằng cách dập nguội, và sau đó
 - nung nóng phôi này tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 810°C tới 950°C để thu được cấu trúc austenit toàn phần trong thép, và sau đó
 - chuyển phôi này vào trong khuôn ép, và sau đó
 - dập nóng phôi này để thu được chi tiết, và sau đó
 - giữ chi tiết này bên trong khuôn ép để xảy ra sự tăng độ cứng nhờ quá trình chuyển pha từ cấu trúc austenitic thành cấu trúc mactensit.

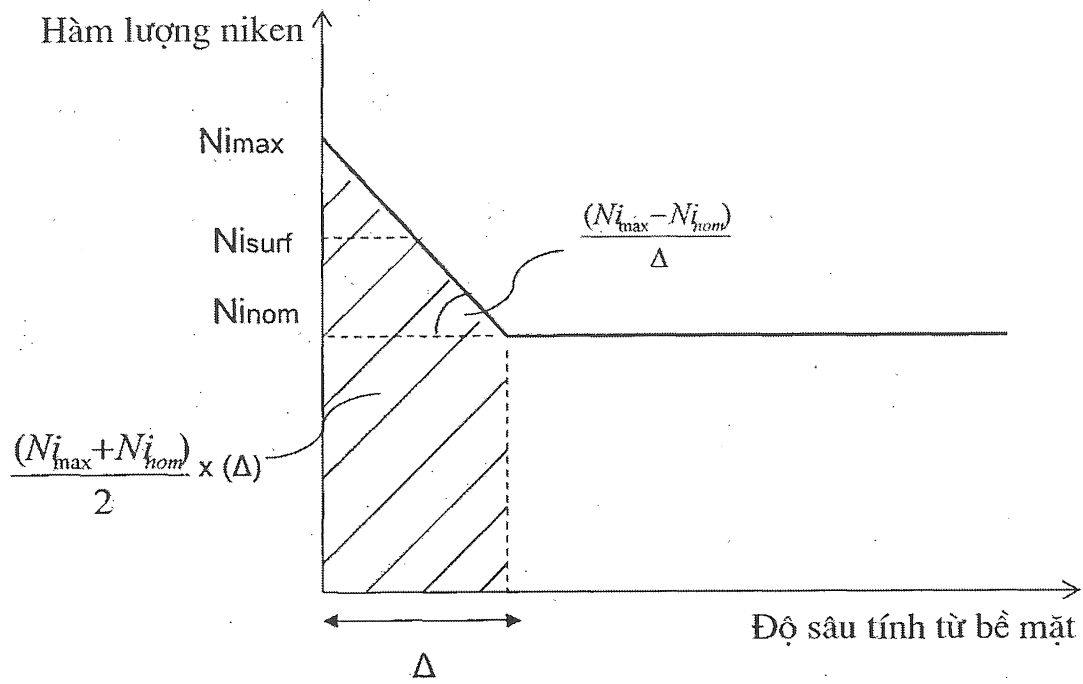


Fig. 1

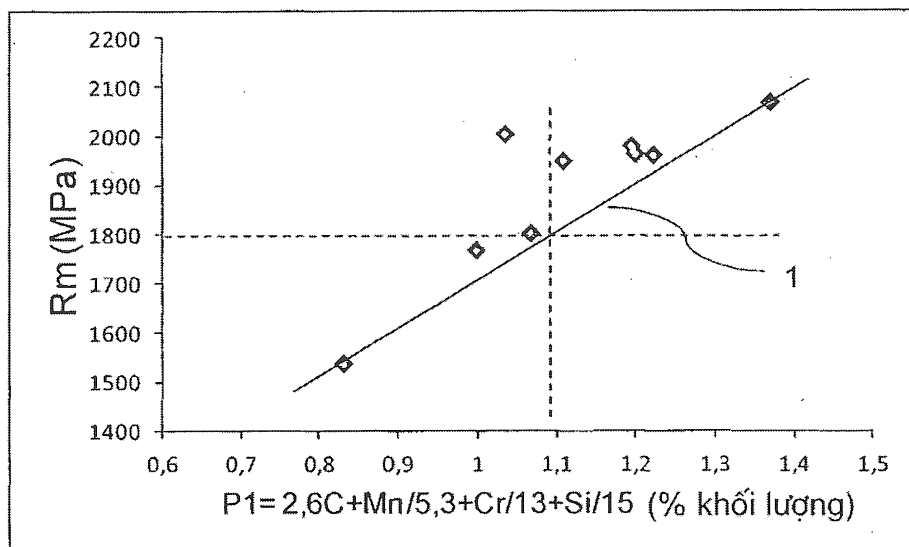


Fig. 2

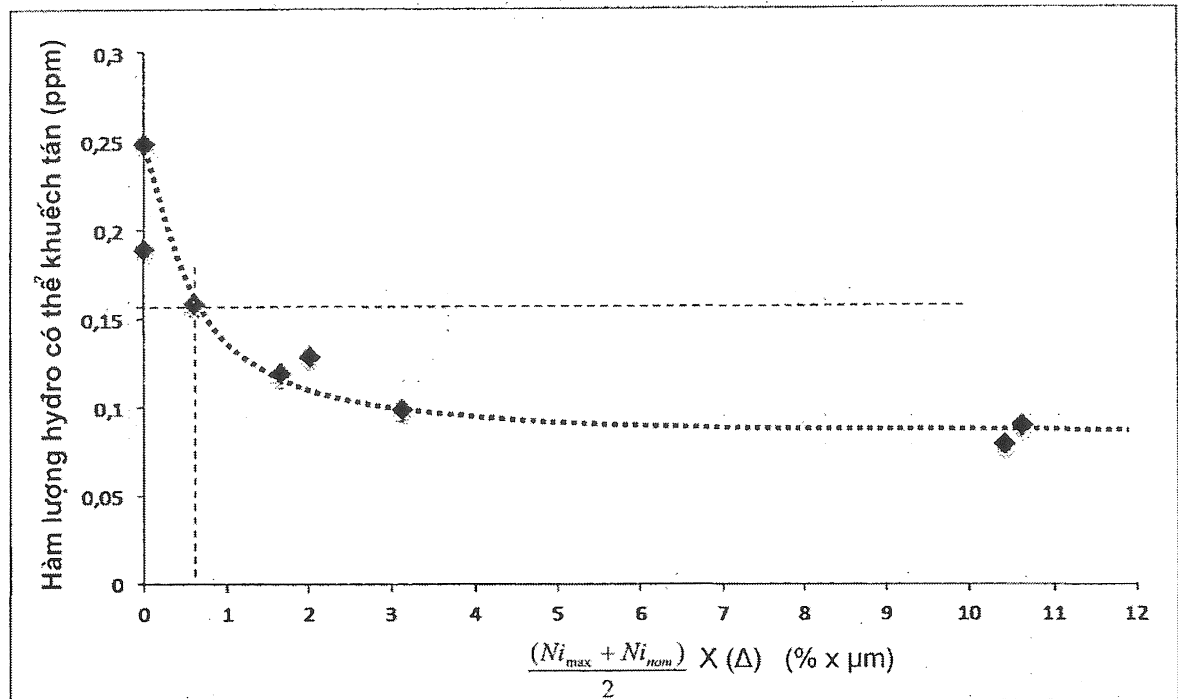


Fig. 3

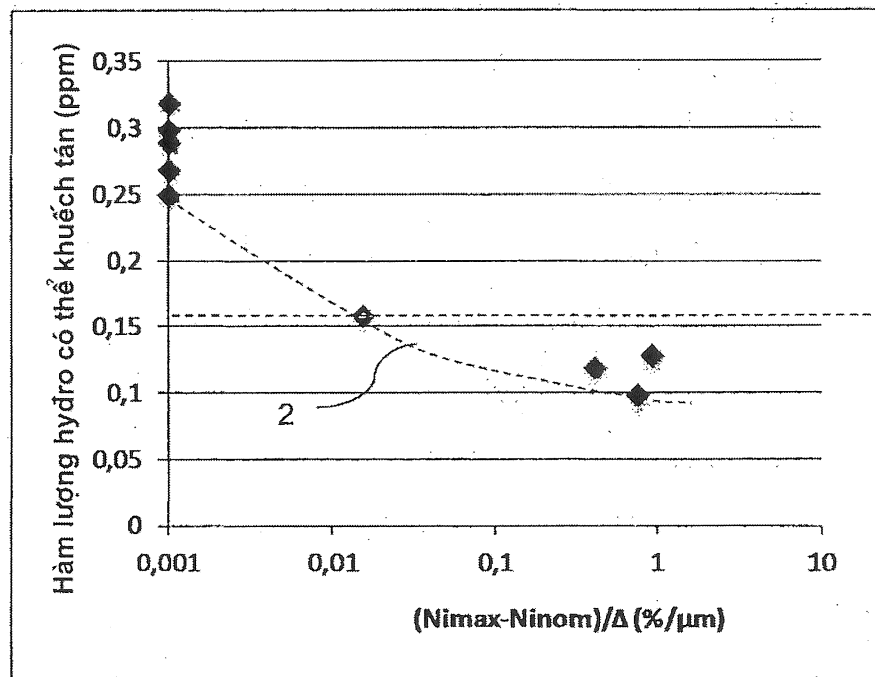


Fig. 4

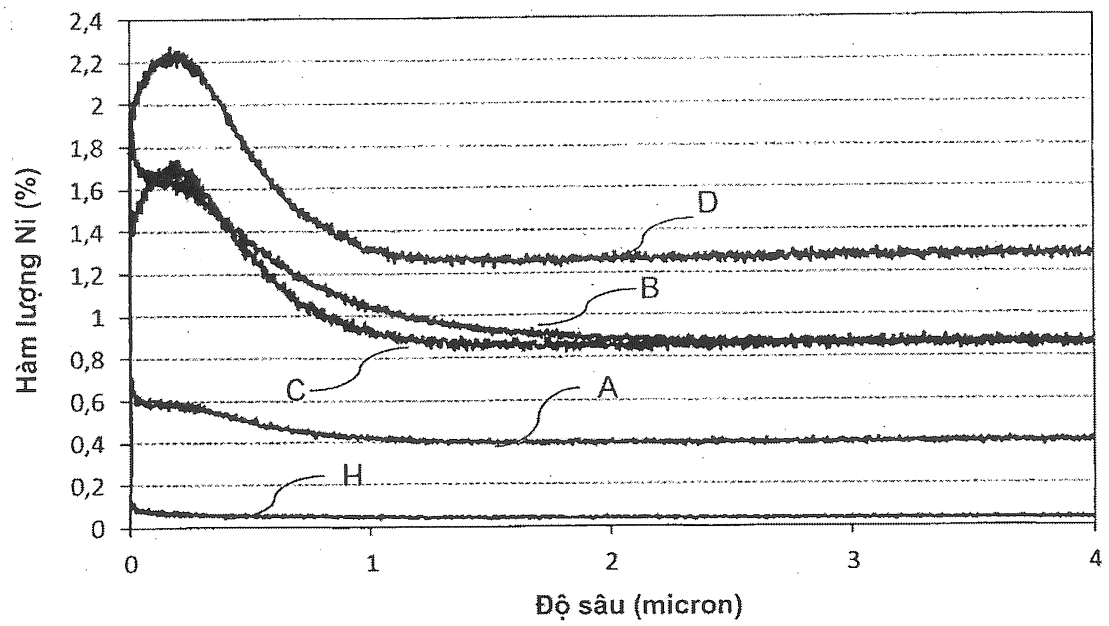


Fig. 5

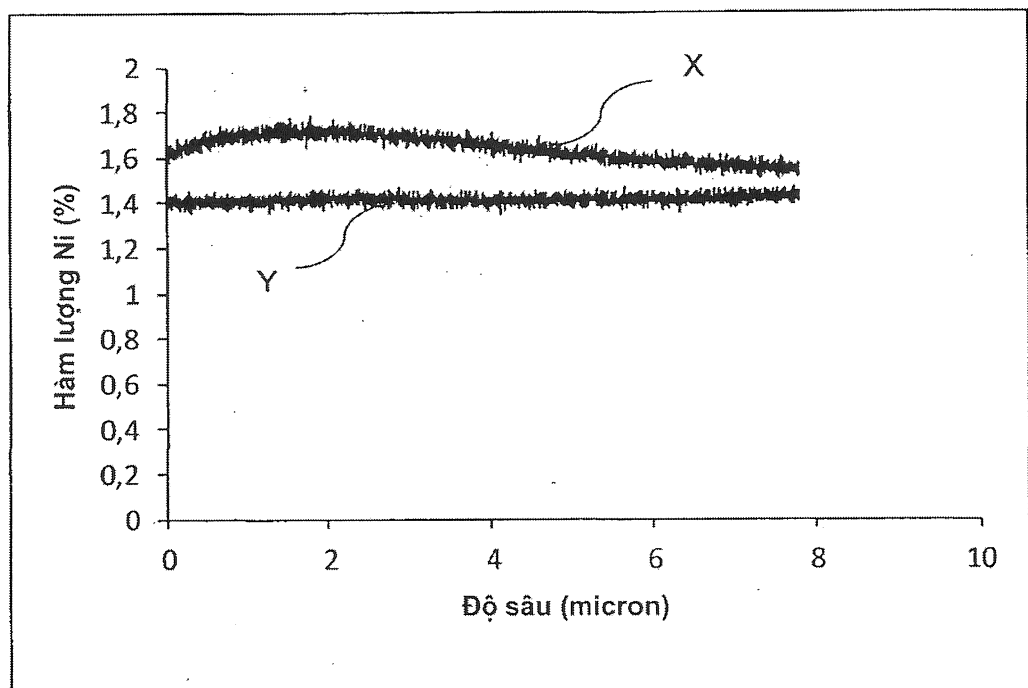


Fig. 6

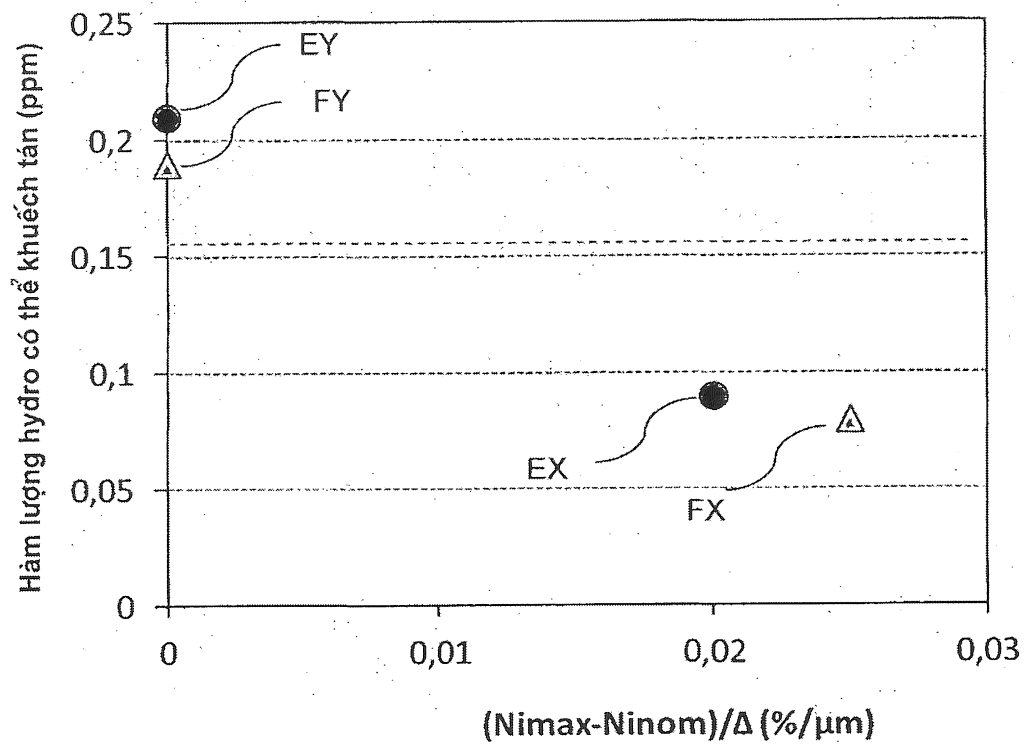
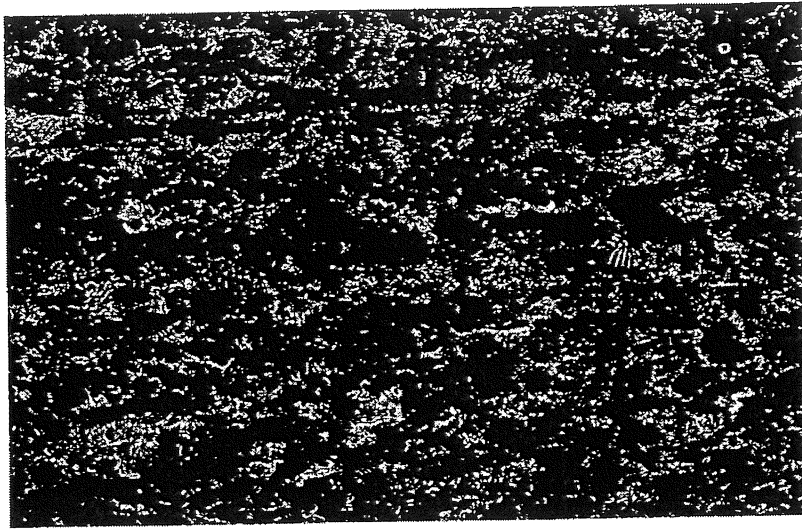
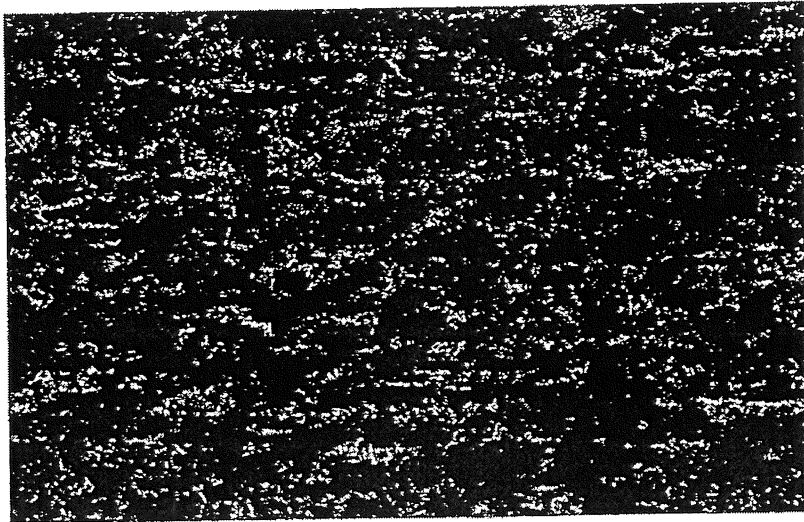


Fig. 7



50 μm

Fig. 8



50 μm

Fig. 9