



(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)



1-0053483

(51)^{2006.01} C21D 9/46; F16G 5/16; C21D 7/06; (13) B
C21D 8/02; C21D 9/00; C21D 9/30;
C22B 9/20; C22C 1/02; C22C 30/00;
C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04;
C22C 38/06; C22C 38/08; C22C 38/10;
C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/16;
C22C 38/18; C22C 38/42; C22C 38/44;
C22C 38/46; C22C 38/48; C22C 38/50;
C22C 38/52; C22C 38/54; F16C 3/02;
C21D 1/06; C21D 6/00

(21) 1-2018-01565

(22) 17/10/2016

(86) PCT/IB2016/056221 17/10/2016

(87) WO2017/064684 20/04/2017

(30) PCT/IB2015/057939 15/10/2015 IB

(45) 25/11/2025 452

(43) 25/07/2018 364A

(73) APERAM (LU)

12C, rue Guillaume Kroll Luxembourg, 1882 Luxembourg

(72) PERRIN GUERIN, Valérie (FR).

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

(54) THÉP, SẢN PHẨM LÀM TỪ THÉP VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT NÓ

(21) 1-2018-01565

(57) Sáng chế đề cập đến thép có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau: $10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$; $1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%$; $1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%$; $14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%$; $21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 40,0\%$; lượng vết $\leq \text{Al} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$; lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$; lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$; lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$; lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$; lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$; lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$; lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$; lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$; lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$; lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$; lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$; lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$; lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$; lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4,0\%$; phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra, và các tạp chất khi được quan sát bằng cách phân tích ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650mm^2 nếu thép này ở dạng chi tiết đã được gia công nóng hoặc tấm đã được cán nóng, và có diện tích 800mm^2 nếu thép này ở dạng tấm được cán nguội, không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10\mu\text{m}$. Sản phẩm làm từ thép này như tấm hoặc dải, và phương pháp sản xuất nó cũng được đề xuất.

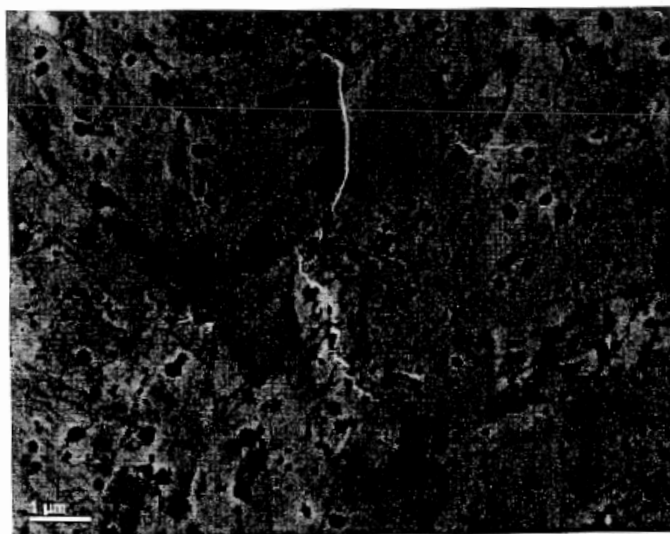


FIG.1

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế liên quan đến lĩnh vực thép, cụ thể là “thép mactensit hoá già”, được sử dụng cho các ứng dụng đòi hỏi một hoặc nhiều tính chất sau: các đặc tính cơ học mỹ mãn (độ bền mỏi rất cao, giới hạn chảy cao, và độ bền chống đứt cao), tính dễ xử lý nhiệt và độ ổn định kích thước sau các xử lý này, khả năng dễ hàn và tính dễ tạo hình tốt.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các loại thép mactensit hoá già được đặc tả bởi cấu trúc mactensit, chúng có thể được hóa già, theo cách sao cho sau khi hoàn thành quy trình hóa già thép, việc tôi cứng bằng cách làm kết tủa các pha nội kim loại thuận lợi cho việc đạt được các đặc tính cơ học cao.

Các loại thép mactensit hoá già thông thường đã biết bao gồm các loại thép như M 250, có thành phần thông thường (được biểu thị theo tỷ lệ phần trăm khối lượng, giống như trong tất cả các trường hợp nêu trong phần mô tả dưới đây) Ni = 18%, Co = 9%, Ti = 0,45% (loại thép này còn được ký hiệu là X2NiCoMo18-9-5), chứa Ti làm nguyên tố tôi cứng, với phần còn lại nói chung là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra.

Cụ thể, chúng thường được dùng để tạo ra các chi tiết có các đặc tính cơ học cao, thích hợp để dùng cho các chi tiết đặc (trục động cơ, cánh của máy ly tâm, v.v.) cũng như các chi tiết cơ khí chính xác cao: lò xo dùng cho đồng hồ, lưỡi cắt lá mỏng, các chi tiết dùng cho các đai truyền động tự động kiểu CVT (truyền động biến thiên liên tục), đặc biệt là, cho ô tô hoặc cho xe có động cơ nói chung, hoặc các máy công cụ và các máy chuyển động quay khác. Trong trường hợp các ứng dụng cỡ mỏng trong đó chi tiết bằng thép chịu ứng suất mỏi, thì ngoài việc hóa già, nó thường được xử lý bề mặt để tôi cứng chi tiết bằng thép bằng cách thấm nitơ, thấm nitơ-cacbon, làm cứng bề mặt bằng cách phun, thấm cacbon, v.v..

Từ EP-B1-1 339 880, không bao gồm các thép mactensit hoá già Ti cũng đã biết các loại thép mactensit hoá già có thành phần: Ni = 12 tới 24,5%; Mo = 2,5%; Co = 4,17 %; Al $\leq$ 0,15%; Ti $\leq$ 0,1%; N $\leq$ 30ppm; Si $\leq$ 0,1%; Mn $\leq$ 0,1%; C $\leq$ 50ppm; S $\leq$ 10ppm; P $\leq$ 50ppm; H $\leq$ 3 ppm; O $\leq$ 10ppm; phần còn lại là Fe và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra, với lượng Ni + Mo nằm trong khoảng từ 20 đến 27 %; Co % x Mo % nằm trong khoảng từ 50 đến 200; Ti % x N % $\leq$ $2,10^{-4}$, chúng được tạo ra bởi các phương pháp bao gồm các quy trình xử lý khác nhau như quy trình nóng chảy cảm ứng chân không VIM (Vacuum Induction Melting) và/hoặc quy trình nóng chảy hồ quang chân không VAR (Vacuum Arc Melting), tùy ý được kết hợp với quy trình xử lý luyện trong lò điện xỉ ESR (ElectroSlag Remelting). Sau đó, các thép này được xử lý nóng hoặc nguội để tạo ra các dải có độ dày nhỏ (ví dụ, 1mm hoặc nhỏ hơn). Sau khi chi tiết bằng thép đã được tạo hình, quy trình xử lý tôi cứng kết tủa được thực hiện để có được các đặc tính cơ học chính cho chi tiết bằng thép này; việc xử lý bề mặt sau đó có thể cho phép cải thiện các đặc tính bề mặt của chi tiết đã được xử lý này liên quan đến độ bền bền mỏi, ma sát tĩnh, ma sát động, v.v..

So với các loại thép mactensit hoá già đã biết từ trước chứa khoảng 18% Ni, 9% Co, 5% Mo, 0,5% Ti, và một lượng nhỏ Al, thì các loại thép nêu trong EP-B1-1 339 880 có sự khác biệt về độ bền mỏi cao của chúng (ở trạng thái đã hoá già, đã thấm nitơ), liên quan đến việc kiểm soát độ sạch tạp chất và độ bền cơ học cao. Nói một cách cụ thể hơn, các đặc tính cơ học mong muốn đối với các sản phẩm cán nguội bao gồm Ar $>$ 2,5% Rp_{0,2} $<$ 1140MPa, Rm $<$ 1480MPa; ở trạng thái đã được hoá già, Rp_{0,2} $>$ 1770MPa, Rm $>$ 1800MPa; cuối cùng ở trạng thái đã được thấm nitơ các đặc tính mong muốn bao gồm Ar $>$ 1%; Rm $>$ 1930MPa.

Từ EP-B1-2 180 073 cũng đã biết rằng các loại thép mactensit hoá già có độ bền mỏi cao và độ bền kéo cao để sử dụng trong các đai truyền động kiểu biến thiên liên tục CVT (Continuous Variable Transmission), có thành phần sau: C $\leq$ 100ppm; Si $\leq$ 0,1%; Mn $\leq$ 0,1%; P $\leq$ 0,01%; S $\leq$ 50ppm; Ni = 17-22%; Cr = 0,1-4,0%; Mo = 3,0-7,0%; Co = 10,0-20,0%; Ti $\leq$ 0,1%; Al $\leq$ 0,05%; N $\leq$ 300ppm; O $\leq$ 50ppm; 0 $<$ B $\leq$ 0,01%; tùy ý có mặt tới 0,01% Ca, tối đa 0,005% Mg, tối đa 0,01% Zr, phần còn lại là Fe và các tạp chất, với lượng Co/3 + Mo + 4Al nằm

trong khoảng từ 8,0% đến 15,0%. Tốt hơn là, các quy trình xử lý nhiệt và cơ nhiệt được thực hiện để làm cho chúng có cỡ hạt rất nhỏ là 10 hoặc mịn hơn, đo được theo tiêu chuẩn ASTM.

Cũng đã biết từ PCT/IB2015/052975, của cùng người nộp đơn, các loại thép mactensit hoá già có thành phần với hàm lượng cacbon thấp và kiểm soát độ sạch tạp chất với hàm lượng Co nằm trong khoảng từ 1 đến 25% và hàm lượng Mo nằm trong khoảng từ 1 đến 12%. Tổng hàm lượng Mo + Co, mà có thể được bổ sung vào làm các nguyên tố tôi cứng, nằm trong khoảng từ 20 đến 29%, và tổng hàm lượng Ni + Co + Mo ít nhất là 29%. Hàm lượng của các nguyên tố đất hiếm, được khuyến cáo có mặt, là luôn ở mức cao.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất loại thép mactensit hoá già mới có giá thành vật liệu thấp tới mức có thể, có các đặc tính cơ học tốt. Nói cách khác, đối với ứng dụng trong đó sản phẩm cuối đặc biệt đòi hỏi phải chịu mỏi, thép sẽ phải có sự cân bằng hợp lý giữa giá thành tương đối thấp và các đặc tính cơ học nội tại rất cao, liên quan đến các tính chất bề mặt tuyệt vời, đối với tính năng thấm nitơ chẳng hạn, so với các loại thép đã biết. Độ bền kéo và/hoặc độ bền mỏi mỹ mãn đối với các ứng dụng nêu trên là các tính chất được mong muốn cùng với việc cải thiện các tính chất bề mặt, cụ thể khả năng trong quá trình xử lý bề mặt để tạo ra lớp đã được thấm nitơ, đã được thấm nitơ-cacbon, đã được thấm cacbon, đã được phun cát hoặc lớp đã được tôi cứng theo kiểu khác. Lớp này phải có khả năng tạo ứng suất tồn dư trên bề mặt để cho phép làm chậm sự nứt dưới tải trọng theo chu kỳ do tác động của lớp bề mặt. Mức độ ảnh hưởng của việc xử lý bề mặt có thể được đánh giá thông qua độ cứng đạt được đối với bề mặt sản phẩm, mức ứng suất tồn dư tương đối và các dạng pha được tạo ra.

Nhằm mục đích này, sáng chế đề xuất thép, khác biệt ở chỗ, nó có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau:

- $10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$, tốt hơn là $12,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$;
- $1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%$, tốt hơn là $2,5\% \leq \text{Mo} \leq 7,0\%$;

- $1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%$, tốt hơn là $4,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%$, tốt hơn nữa là $7,0\% \leq \text{Co} \leq 16,0\%$, còn tốt hơn nữa là $8,0\% \leq \text{Co} \leq 15,0\%$;

- $14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%$, tốt hơn là $15,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 27,0\%$, tốt hơn nữa là $17,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 26,0\%$;

- $21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%$, tốt hơn là $25,0\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 40,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Al} \leq 4,0\%$, tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Al} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$;

- lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$, tốt hơn là $\leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$ tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 4,0\%$; tốt hơn nữa là $0,14\% \leq \text{Mn} \leq 4,0\%$;

- tốt hơn là $\text{Si} + \text{Mn} \geq 0,13\%$;

- lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$, tốt hơn là lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0010\%$;

- lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$;

- lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$;

- lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$;

- lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$, tốt hơn là $0,01\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$; tốt hơn nữa là $0,1\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$;

- lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$; tốt hơn là $\text{Nb} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$;
- lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4,0\%$;
- tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 14,0\%$, tốt hơn nữa là lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$; còn tốt hơn nữa là $0,14\% \leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$;

- tốt hơn là $\text{Al} + \text{Cr} \geq 0,1\%$, tốt hơn nữa là $\geq 0,17\%$;

- phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra;

và khác biệt ở chỗ, các tạp chất khi được quan sát bằng cách phân tích ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650mm^2 nếu thép này ở dạng chi tiết đã được gia công nóng hoặc tấm đã được cán nóng, và có diện tích 800mm^2 nếu thép này ở dạng tấm được cán nguội, không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10\mu\text{m}$, và tốt hơn là không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $8\mu\text{m}$.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất sản phẩm thép, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước:

- chế tạo điện cực tinh luyện bằng thép có thành phần nêu trên;
- tinh luyện điện cực này bằng cách sử dụng quy trình tinh luyện một hoặc nhiều lần để tạo ra điện cực đã được tinh luyện;

- ít nhất là gia công nóng điện cực đã được tinh luyện này một lần ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1050 đến 1300°C , để tạo ra tấm đã được gia công nóng hoặc dải đã được gia công nóng;

- và tùy ý, xử lý nhiệt tấm đã được gia công nóng hoặc dải đã được gia công nóng này.

Tấm hoặc dải đã được gia công nóng này, tùy ý đã được xử lý nhiệt, có độ cứng Vickers là 285 Hv_{10} hoặc cao hơn, độ cứng này được đo dọc theo mặt cắt của tấm hoặc chi tiết đã được gia công nóng này.

Tấm đã được gia công nóng này hoặc dải đã được gia công nóng này có thể sau đó được cán nguội một hoặc nhiều lần để tạo ra tấm hoặc dải có độ dày 2mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 1mm hoặc nhỏ hơn.

Tấm hoặc dải có thể được xử lý nhiệt ít nhất một lần giữa hai lần cán nguội và/sau lần cán nguội cuối.

Lượng tích lũy cán nguội của các lần cán khác nhau ít nhất là 30%, tốt hơn nếu ít nhất là 40%.

Tấm hoặc dải đã được cán nóng hoặc nguội nêu trên, tùy ý đã được xử lý nhiệt có thể có cấu trúc mactensit chiếm ít nhất 70%, độ bền kéo là 2030MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000MPa hoặc lớn hơn, và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn.

Tấm hoặc dải đã được cán nóng hoặc nguội nêu trên, tùy ý đã được xử lý nhiệt, có thể được cắt và tùy ý được tạo hình.

Tấm hoặc dải đã được cán nóng hoặc nguội nêu trên, tùy ý đã được xử lý nhiệt, đã được cắt và tùy ý đã được tạo hình, có thể được xử lý tôi cứng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 600°C trong khoảng thời gian từ 30 phút đến 5 giờ, tốt hơn là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 420 đến 550°C trong khoảng thời gian từ 30 phút tới 2 giờ.

Tấm hoặc dải đã được xử lý nhiệt tùy ý, đã được cắt và tùy ý đã được tạo hình, sau khi tôi cứng, có thể được xử lý bề mặt để cải thiện sức chịu tải động của nó.

Việc xử lý bề mặt có thể là quá trình thấm cacbon, hoặc thấm nitơ dạng khí, hoặc thấm nitơ dạng ion, hoặc thấm nitơ-cacbon hoặc làm cứng bề mặt bằng cách phun.

Cỡ hạt của tấm hoặc dải đã được cán nóng, tùy ý đã được xử lý nhiệt, hoặc của tấm hoặc dải đã được cán nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, có thể là 5 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn, tốt hơn là 10 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép đã được gia công nóng và tùy ý đã được xử lý nhiệt, khác biệt ở chỗ, nó có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau:

- $10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$, tốt hơn là $12,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%$;
- $1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%$, tốt hơn là $2,5\% \leq \text{Mo} \leq 7,0\%$;

- $1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%$, tốt hơn là $4,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%$, tốt hơn nữa là $7,0\% \leq \text{Co} \leq 16,0\%$, còn tốt hơn nữa là $8,0\% \leq \text{Co} \leq 15,0\%$;

- $14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%$, tốt hơn là $15,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 27,0\%$, tốt hơn nữa là $17,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 26,0\%$;

- $21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%$, tốt hơn là $25,0\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 40,0\%$

- lượng vết $\leq \text{Al} \leq 4,0\%$, tốt hơn là $\text{Al} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$;

- lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$, tốt hơn là $\leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$ tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$, tốt hơn là lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0010\%$;

- lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$;

- lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$;

- lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$;

- lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$, tốt hơn là $0,01\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$, tốt hơn nữa là $0,1\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$;

- lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$; tốt hơn là $\text{Nb} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq Y \leq 4,0\%$;

- tốt hơn là lượng vết $\leq Al + Si + Cu + Nb + Mn + V + Ta + Cr + W + C + B + Y + Zr + Ti + N \leq 14,0\%$, tốt hơn nữa là lượng vết $\leq Al + Si + Cu + Nb + Mn + V + Ta + Cr + W + C + B + Y + Zr + Ti + N \leq 8,0\%$; còn tốt hơn nữa là $0,14\% \leq Al + Si + Cu + Nb + Mn + V + Ta + Cr + W + C + B + Y + Zr + Ti + N \leq 8,0\%$;

- tốt hơn là $Al + Cr \geq 0,1\%$, tốt hơn nữa là $\geq 0,17\%$;

phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra;

và khác biệt ở chỗ, các tạp chất khi được quan sát bằng cách phân tích ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650mm^2 của chi tiết đã được gia công nóng hoặc của tấm đã được cán nóng, tốt hơn là không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $8\mu\text{m}$.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép đã được gia công nóng kiểu nêu trên, tùy ý đã được xử lý nhiệt, khác biệt ở chỗ, nó có cấu trúc mactensit chiếm ít nhất 70% , độ bền kéo là 2030MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000MPa hoặc lớn hơn và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn, cùng với độ cứng Vickers là $285\text{Hv}10$ hoặc cao hơn, độ cứng này được đo dọc theo mặt cắt của sản phẩm đã được gia công nóng.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất tấm hoặc dải đã được cán nguội làm từ thép, khác biệt ở chỗ, nó có thành phần tính theo phần trăm khối lượng như sau:

- $10,0\% \leq Ni \leq 24,5\%$, tốt hơn là $12,0\% \leq Ni \leq 24,5\%$;

- $1,0\% \leq Mo \leq 12,0\%$, tốt hơn là $2,5\% \leq Mo \leq 7,0\%$;

- $1,0\% \leq Co \leq 18,0\%$, tốt hơn là $4,0\% \leq Co \leq 18,0\%$, tốt hơn nữa là $7,0\% \leq Co \leq 16,0\%$, còn tốt hơn nữa là $8,0\% \leq Co \leq 15,0\%$;

- $14,0\% \leq Mo + Co + Si + Mn + Cu + W + V + Nb + Zr + Y + Ta + Cr + C + Al + B + Ti + N \leq 29,0\%$, tốt hơn là $15,0\% \leq Mo + Co + Si + Mn + Cu + W + V + Nb + Zr + Y + Ta + Cr + C + Al + B + Ti + N \leq 27,0\%$, tốt hơn nữa là $17,0\% \leq Mo + Co + Si + Mn + Cu + W + V + Nb + Zr + Y + Ta + Cr + C + Al + B + Ti + N \leq 26,0\%$;

- $21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%$, tốt hơn là $25,0\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 40,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Al} \leq 4,0\%$, tốt hơn là $\text{Al} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$;

- lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$, tốt hơn là $\leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$ tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$, tốt hơn là lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0010\%$;

- lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$;

- lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$;

- lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$;

- lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$, tốt hơn là $0,01\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$; tốt hơn nữa là $0,1\% \leq \text{Cr} \leq 5,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$;

- lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$;

- lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$; tốt hơn là $\text{Nb} \leq 2,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$;

- lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4,0\%$;

- tốt hơn là lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 14,0\%$, tốt hơn nữa là lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$; còn tốt hơn nữa là $0,14\% \leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$;

- tốt hơn là $\text{Al} + \text{Cr} \geq 0,1\%$, tốt hơn nữa là $\geq 0,17\%$;

phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra; và khác biệt ở chỗ, các tạp chất khi được quan sát bằng cách phân tích ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 800mm^2 , không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10\mu\text{m}$, tốt hơn là không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $8\mu\text{m}$.

Nó có thể được xử lý nhiệt ít nhất một lần sau khi cán nguội.

Tấm hoặc dải đã được cán nóng hoặc nguội và tùy ý đã được xử lý nhiệt này có thể có độ bền kéo là 2030MPa , hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000MPa hoặc lớn hơn và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn. Mặt khác, các loại pha kép có thể đòi hỏi việc điều chỉnh quá trình xử lý nhiệt và có thể các đặc tính cơ học kém hơn sau một vài chu kỳ nhiệt; tuy nhiên, các loại này duy trì tính năng được cải thiện dưới ứng suất động khi sử dụng (thông qua việc tôi cứng biến dạng và chuyển pha) kết hợp với việc thấm nitơ được tăng cường.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép, khác biệt ở chỗ, nó thu được từ tấm hoặc dải đã được cán nguội hoặc cán nóng loại nêu trên, tùy ý đã được tạo hình, và khác biệt ở chỗ, nó đã được xử lý bề mặt để cải thiện khả năng chịu ứng suất động có thể dẫn đến nứt vỡ bề mặt ban đầu.

Việc xử lý bề mặt có thể được chọn trong số các quá trình thấm cacbon, thấm nitơ dạng khí, thấm nitơ dạng ion, thấm nitơ-cacbon, làm cứng bề mặt bằng cách phun.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất trục tua bin hoặc bộ phận truyền động đã được gia công nóng, khác biệt ở chỗ, trục hoặc bộ phận này có ít nhất một chi tiết được tạo hình từ sản phẩm đã được gia công nóng loại nêu trên.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất đai truyền động, khác biệt ở chỗ, nó có ít nhất một chi tiết được tạo ra từ tấm hoặc dải đã được cán nguội loại nêu trên, hoặc từ sản phẩm thu được từ tấm hoặc dải này.

Nó có thể là đai truyền động kiểu biến thiên liên tục (CVT) dùng cho xe có động cơ.

Một mục đích tiếp theo của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép đã được gia công nóng và tùy ý đã được xử lý nhiệt loại nêu trên, hoặc tấm hoặc dải đã được cán nguội tùy ý đã được xử lý nhiệt loại nêu trên, khác biệt ở chỗ, cỡ hạt của

sản phẩm hoặc của tấm hoặc dải là 5 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn, tốt hơn là 10 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn.

Như đã được hiểu rõ, để có được các khoản tiết kiệm so với các giải pháp kỹ thuật đã biết, sáng chế giảm bớt các hàm lượng bắt buộc hoặc các hàm lượng tối đa được ưu tiên của một số nguyên tố như Co, và thậm chí là Mo, so với các khuyến cáo trước đây, và bù đắp cho việc giảm bớt này thông qua sự có mặt bắt buộc với hàm lượng xác định của các nguyên tố tôi cứng loại Cu, Nb, Mn, Si, Al, Ta, V, W và các nguyên tố khác thường trước đây không bắt buộc phải sử dụng. Các loại nguyên tố này cho phép phần lớn các cấu trúc mactensit cần được tạo ra là các cấu trúc điển hình của các thép mactensit hoá già, hoặc còn là các cấu trúc hỗn hợp austenit-ferit. Sáng chế này cân bằng giữa chi phí vật liệu và tính năng cơ học, mà có khả năng tính năng cơ học được tạo ra nhờ thành phần của thép và các xử lý cơ nhiệt hoặc nhiệt được áp dụng, kết hợp với việc kiểm soát quần thể các tạp chất phi kim loại (chủ yếu là các oxit, sulfua, nitrua), đáp ứng các tiêu chí cụ thể về số lượng, sự phân bố, sự phân bố theo kích thước và thành phần.

Quần thể này có thể được tạo ra sau khi tạo ra một cách cẩn thận kim loại lỏng nhờ sự kết hợp các quy trình khác nhau và các điều kiện được kiểm soát bởi người vận hành. Đặc biệt, được khuyến cáo sử dụng các lớp lót chịu lửa mới hoặc đã thoái hoá cho các thiết bị phản ứng như lò nấu chảy và nồi xử lý kim loại lỏng, và nhằm mục đích ngăn chặn sự oxy hoá lại và thấm nitơ lại, nhằm tránh sự tiếp xúc giữa kim loại lỏng và môi trường nhờ việc áp dụng xử lý chân không và sử dụng các khí trung tính bảo vệ (argon) khi kim loại này có thể được hoặc tiếp xúc với không khí. Việc khuấy kim loại lỏng trong các thiết bị sản xuất mà trong đó việc khuấy này được thực hiện cũng phải được kiểm soát (bằng cách sử dụng phương tiện khuấy từ hoặc đặc biệt là nhờ việc bơm khí trung tính), nhằm thúc đẩy sự lắng đọng của các tạp chất, tuy nhiên không cần bắt giữ các tạp chất đã oxy hoá hoặc các tạp chất khác thu được đặc biệt do sự ăn mòn lớp lót chịu lửa hoặc bắt giữ các tạp chất đã được tách ra do kim loại lỏng bao phủ xỉ. Các biện pháp phòng ngừa này là đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này, tuy nhiên điều quan trọng là chúng có thể được áp dụng trong sáng chế này với những phương án tốt nhất của các giải pháp kỹ thuật đã biết, nhằm tránh

vượt các ngưỡng được chấp nhận đối với các tạp chất oxit, nitrua hoặc sulfua trong sản phẩm cuối, như được xác định theo sáng chế.

Các thép theo sáng chế, đặc biệt khi chúng có hàm lượng Cr hoặc Mn cao, hoặc đặc biệt hơn là hàm lượng Cr và Mn cao, đã chứng tỏ về khả năng đặc biệt tốt của chúng đối với việc tạo ra sau đó lớp đã được thấm nitơ có tính năng cơ học (khả năng biến dạng dẻo thấp) mang lại những ưu điểm quan trọng đặc biệt khi các thép này được ưu tiên sử dụng để tạo ra các nguyên tố của các đai truyền động kiểu CVT. Từ quan điểm này, Cu và Nb cũng là có lợi.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Sáng chế sẽ được hiểu rõ hơn thông qua phần mô tả chi tiết dưới đây, có dựa vào các hình vẽ kèm theo:

Fig.1 minh hoạ các phần tử kết tủa tôi cứng được tạo ra trên mẫu theo sáng chế Inv 15 sau khi thấm nitơ dạng khí, được đặc tả bởi kính hiển vi điện tử truyền qua lớp mỏng;

Fig.2 minh hoạ việc mô tả các tính chất của các lớp đã được thấm nitơ bởi các số đo độ vi cứng bề mặt, được thực hiện trên các mẫu đối chứng và các mẫu thép theo sáng chế;

Fig.3 minh hoạ việc mô tả các tính chất của các lớp đã được thấm nitơ bởi các số đo ứng suất tồn dư trên bề mặt, được thực hiện trên các mẫu đối chứng và trên các mẫu thép theo sáng chế;

Fig.4 minh hoạ đặc tính đàn hồi của lớp đã được thấm nitơ ở các độ sâu lõm và các độ sâu tồn dư khi thực hiện các thử nghiệm cào xước trên hai mẫu của sáng chế ở trạng thái đã được thấm nitơ;

Fig.5 minh hoạ sự thay đổi về sự bức xạ âm thanh khi thực hiện các thử nghiệm cào xước dưới tải trọng gia tăng trên cùng các mẫu trên Fig.4;

Fig.6 minh hoạ đặc tính đàn hồi khi thực hiện các thử nghiệm cào xước trên bốn mẫu của sáng chế và một mẫu đối chứng, tất cả đều ở trạng thái đã được thấm nitơ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Thành phần của thép (theo tỷ lệ phần trăm khối lượng) dựa trên cơ sở các khía cạnh sau.

Hàm lượng Ni nằm trong khoảng từ 10,0 đến 24,5%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 12,0 đến 24,5%. Điều được hiểu dưới điều kiện này là:

- đầu tiên, nhờ việc xử lý nhiệt thông thường, cấu trúc mactensit bền được tạo ra, tức là, chiếm ít nhất là 30%, tốt hơn nữa là ít nhất là 50% trên bề mặt của cấu trúc này như đã thấy trên vi ảnh; hàm lượng Ni lớn hơn 24,5%, kết hợp với các mức hàm lượng của các nguyên tố khác, có thể không cho phép tạo ra cấu trúc này bất kể việc xử lý nhiệt nào được áp dụng;

- thứ hai, sau khi tôi cứng kết tủa, đặc biệt là các đặc tính mong muốn về tính dễ uốn, sự giãn nở, giới hạn chảy, độ bền chống gãy K_{1C} được tạo ra cho các ứng dụng được dự liệu; hàm lượng Ni tối thiểu 10,0%, kết hợp với các tỷ lệ đã định của Co, Mo và các nguyên tố kim loại khác, là thích hợp cho đạt được các tính chất này; hàm lượng Ni tối thiểu 12,0% là được ưu tiên hơn để đạt được hiệu quả này một cách mỹ mãn.

Hàm lượng Mo nằm trong khoảng từ 1,0 đến 12,0%. Nguyên tố này cho phép tôi cứng cấu trúc thông qua việc tạo ra, trong quá trình hoá già các pha nội kim loại Fe₂Mo, MoNi₃ và các pha nội kim loại khác mịn và được phân tán. Tối ưu là, hàm lượng Mo nằm trong khoảng từ 2,5 đến 7,0% để có được cả ảnh hưởng rất lớn của Mo lẫn của các pha nội kim loại có kích thước tối ưu để đảm bảo sự đồng nhất của các đặc tính cơ học. Giới hạn trên của Mo được quyết định bởi mong muốn duy trì phần lớn các cấu trúc mactensit có khả năng tôi cứng hoá già.

Do nguyên tố này đắt tiền, nên sẽ không có lợi nếu bổ sung lượng dư bất kỳ của nó, do hiệu quả của nó về việc tôi cứng cấu trúc có thể một phần được đảm bảo bởi nhiều nguyên tố kinh tế khác.

Mo cũng nằm trong thành phần này và các tính chất của các lớp đã được thấm nitơ bao gồm các phần tử kết tủa mịn và phân tán có các dạng khác nhau tùy thuộc vào các điều kiện của quy trình thấm nitơ (các loại phần tử kết tủa như Mo₂N, Fe_xMo_yN_z, v.v.).

Hàm lượng Co nằm trong khoảng từ 1,0 và 18,0%. Nguyên tố này làm ổn định cấu trúc mactensit, làm tăng nhiệt độ của đường rắn và kết tủa theo kiểu gián

tiếp trong quá trình tôi cứng bởi việc thúc đẩy sự kết tủa của các pha nội kim loại. Nếu lượng Co được dùng lớn hơn 18,0%, việc bổ sung này trở nên tốn kém (Co đắt tiền) và các tính chất của thép có thể bị thay đổi một cách đáng kể, đồng thời, hàm lượng của các nguyên tố khác vẫn nằm trong các giới hạn của sáng chế. Tốt hơn là, hàm lượng Co nằm trong khoảng từ 4,0 đến 18,0%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 7,0% đến 16,0%, còn tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 8,0% đến 15,0%.

Nếu các hàm lượng Co và Mo được kiểm soát ở mức vừa phải so lượng thông thường, thì tác động của chúng phải được hoàn thành thông qua việc bổ sung một hoặc nhiều nguyên tố tôi cứng Si, Mn, Cu, W, V, Nb, Zr, C, Al, B, Y, Ta, Cr, Ti, N, nằm trong các khoảng giới hạn đã được chỉ ra trong phần mô tả này. Đây là một trong những phương án của sáng chế, nhờ đó giá thành của thép có thể được giảm đồng thời vẫn đảm bảo các đặc tính chất lượng cao do việc tôi cứng cấu trúc, đặc biệt nếu các nguyên tố tôi cứng thay thế này được chọn từ một trong số các nguyên tố rẻ tiền nhất. Vấn đề tương tự nêu trên được áp dụng đối với Mo.

Để đáp ứng yêu cầu này cần phải có lượng Co đủ để tổng lượng các nguyên tố tôi cứng $Mo + Co + Si + Mn + Cu + W + V + Nb + Zr + Ta + Cr + C + Al + B + Y + Ti + N$ nằm trong khoảng từ 14,0 và 29,0% tốt hơn là nằm trong khoảng từ 15,0 và 27,0%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 17,0 và 26,0%. Điều này có nghĩa là, do hàm lượng Co ít nhất là 1%, tốt hơn nếu ít nhất là 4%, nên thường là thực hiện phải bổ sung ít nhất một nguyên tố được chọn trong số Si, Mn, Cu, W, V, Nb, Zr, Ta, Cr, C, Al, Y và B (với các khoảng giới hạn được nêu trong phần mô tả này) khi xét đến thực tế là Mo không bao giờ lớn hơn 12% (vì các lý do kinh tế giống như các lý do phải giới hạn hàm lượng Co) và tốt hơn là không lớn hơn 7,0%.

Giới hạn dưới 14,0% đối với tổng lượng này là chấp nhận được bởi khả năng có được hiệu quả tôi cứng đủ. Vượt quá 29,0%, các tính chất từ tính và các điều kiện áp dụng và sử dụng vật liệu bị thay đổi một cách đáng kể. Tốt hơn là, giới hạn dưới này là 15,0%, tốt hơn nữa là 17,0%, để có được các giá trị thương mại cho các ứng dụng được dự kiến, thiết yếu nhất đồng thời vẫn đảm bảo tính kinh tế.

Các hàm lượng của Ni, Co, Mo cũng phụ thuộc lẫn nhau, ở chỗ:

- Ni nâng cao tính dễ uốn (đặc biệt ở nhiệt độ thấp), và hỗ trợ khả năng kiểm soát sự giãn nở và mô đun đàn hồi; nó cũng có ảnh hưởng đến độ dai và tỷ số Re/Rm; hàm lượng của nó nằm trong một khoảng nhất định: với giới hạn dưới để hưởng lợi từ các đặc tính ưu việt đã được đề cập (thường là từ 5% đối với các hợp kim), và giới hạn trên để không cản trở sự hình thành mactensiti do bản chất tạo pha gama (austenit) của nó; nhằm mục đích này, các tác động hoặc ảnh hưởng của Co và Mo cũng được xét đến;

- Mo được bổ sung vào nhằm mục đích tôi cứng cấu trúc bằng cách kết tủa các pha nội kim loại; và, để nhằm mục tiêu là các tính chất gãy của các cấp mactensit đã hoá già, cần phải có một cấu trúc mactensit đã được hoá già; Mo tham gia vào việc tôi cứng như đã nêu ở trên (từ 1%) và có thể góp phần trong việc tôi cứng cấu trúc kết hợp với các nguyên tố bổ sung (như Nb chẳng hạn); Mo cũng góp phần tham gia vào việc thấm nitơ của các bề mặt do ái lực của nó với nitơ (từ vài %); cuối cùng là, các giới hạn của nó chỉ liên quan đến việc hình thành các pha phát triển (các pha Laves, σ , μ , θ , δ ...), chúng có thể liên quan tới sự phân ly cục bộ nên giới hạn trên là 12%;

Cuối cùng, liên quan đến việc hình thành cấu trúc mactensit hoá già, các nguyên tố Co và Mo cùng tác động tới sự kết tủa của pha tôi cứng, nhưng theo cách thức tách biệt đối với việc làm ổn định các cấu trúc ferit. Để thống nhất các khuynh hướng này, một công thức được đưa, một công thức được đưa ra để ưu tiên đảm bảo nhiệt độ M_s lớn hơn nhiệt độ::

$$21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%, \text{ tốt hơn là } 25,0\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 40,0\%.$$

Hàm lượng Al nằm trong khoảng từ lượng vết đến 4,0%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ lượng vết đến 2,0%. Al không bắt buộc phải bổ sung vào, nhưng nó nằm trong số các nguyên tố mà có thể được dùng để bù đắp cho hàm lượng Co thấp để có tính năng cơ học. Có thể giảm sự có mặt của nó tới mức của một nguyên tố tồn dư, là lượng mà nhất thiết phải bổ sung vào cho quá trình khử oxy ban đầu của kim loại lỏng vào lúc bắt đầu quy trình sản xuất, hoặc để thực hiện việc bổ sung Al có ý để có được các đặc tính cụ thể. Với một chi phí vừa phải, nó làm tăng tính đàn hồi và có thể góp phần vào việc tôi cứng cấu trúc. Ngoài ra, nó

hạn chế sự oxy hoá trong quá trình tạo ra kim loại lỏng và gia công kim loại đã được hoá rắn. Tuy nhiên, cần phải tránh việc tạo ra các tạp chất có kích thước đáng kể khi xử lý nóng (có dạng nitrua và oxit của nhôm) để không làm giảm độ bền mỏi và độ dai. Bằng cáchs hạn chế sự có mặt của Al với hàm lượng được ưu tiên là dưới 2,0%, nguy cơ này có thể được hạn chế. Trong mọi trường hợp, sự có mặt đáng kể của Al phải được kèm theo với các điều kiện sản xuất nghiêm ngặt, nhằm tránh sự oxy hoá lại đáng kể của kim loại lỏng, và tăng cường khả năng lắng và bắt giữ trong xỉ các cục vón tạp chất nhôm bất kỳ có thể sinh ra từ sự khử oxy và sự oxy hoá lại.

Tương tự như Ti, nhôm thúc đẩy quá trình thấm nitơ nhưng không cho phép dễ dàng kiểm soát các pha được tạo ra. Do đó, các phần tử kết tủa có kích thước không kiểm soát được có thể tạo ra ở các công bước khác nhau của quy trình sản xuất thép lỏng và gia công nóng sản phẩm bán thành phẩm đã được hoá rắn, và chúng có thể ảnh hưởng đáng kể đến các tính chất chịu mỏi.

Do đó, hàm lượng Ti nằm trong khoảng từ lượng vết đến 0,1%. Bằng cách tránh sự có mặt đáng kể của Ti (là điều các loại thép mactensit hoá già khác đòi hỏi khác hẳn với các loại thép theo sáng chế) sẽ tránh được sự hình thành của Ti nitrua trong quá trình hoá rắn kim loại lỏng, làm giảm độ bền mỏi của sản phẩm cuối. Theo sáng chế, việc tôi cứng cấu trúc được mong muốn được tạo ra bằng các cách thức khác.

Hàm lượng N, tối đa là 0,010%, cần phải ở mức độ thấp khi có mặt các nguyên tố bổ sung có chế thấm nitơ được (kiểu như Al, Ti), nhằm tránh sự hình thành của các nitrua trong pha lỏng tới mức mức có thể. Ngoại trừ những trường hợp này, hoặc nếu không thì các nitrua có hại nhất có thể được loại bỏ bằng cách lắng gạn ở thời điểm sản xuất và đúc, thì hàm lượng N có thể chấp nhận được không lớn hơn 0,010% thường có thể đạt được một cách dễ dàng nhờ chất lượng của các nguyên liệu, quá trình xử lý sản xuất và quá trình đúc kim loại lỏng.

Hàm lượng Si nằm trong khoảng từ lượng vết đến 4,0%. Nó có thể được sử dụng cho quá trình khử oxy của kim loại lỏng trong quá trình sản xuất nó, và nó nằm trong số các nguyên tố có thể được dùng để bù đắp cho cho các hàm lượng Co tương đối thấp. Việc có mặt của Si cũng có thể góp phần, ngay cả khi có

mặt Al, cho việc bắt giữ một phần của oxy đã hoà tan mà do đó sẽ giảm bớt việc tạo ra các cục vón nhôm oxit lớn có hại. Tuy nhiên, do phải tránh sự hình thành của các oxit chứa Si lớn trong thép đã hoá rắn cuối, nên giới hạn trên được ưu tiên là 2,0%. Si làm tăng độ hoà tan của một số nguyên tố và do đó làm đồng nhất cấu trúc. Cuối cùng, nó cải thiện giới hạn chảy. Hàm lượng Si tương đối cao này được chấp nhận ở chừng mực cần thiết để tạo ra quần thể tạp chất theo sáng chế được đưa vào ở thời điểm sản xuất và đúc.

Hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ lượng vết đến 13,0%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ lượng vết đến 4,0%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,14% đến 4,0%. Mn cải thiện mức độ thấm nitơ do nó làm tăng độ tan của nitơ trong pha rắn. Nó cũng bắt giữ lưu huỳnh tự do và do đó hạn chế khả năng hoá giòn trong khi gia công nóng. Ngoài ra, Mn là một chất khử oxy hiệu quả và, liên quan đến khía cạnh này, nó có thể có tác dụng hiệp đồng với Si, và việc bắt giữ phần oxy đã hoà tan của Mn, cũng như Si và cả Cr (xem ở dưới), cho phép phân bố oxy đã hoà tan giữa các nguyên tố khác nhau khác với Al, và nhờ đó giảm thiểu nguy cơ hình thành các cục vón lớn của các tạp chất nhôm oxit. Tuy nhiên, được ưu tiên nếu hàm lượng của nó được giới hạn ở mức 4,0% nhằm tránh sự hình thành của các pha làm ảnh hưởng xấu đến các đặc tính cơ học, và nhằm tránh sự gia tăng quá mức tỷ lệ của austenit. Mn tăng cường sự ổn định của các loại ferit-austenit pha kép (chứa dưới 70% mactensit) có các tính chất cần được điều chỉnh. Trong bản mô tả này, việc điều chỉnh của chúng phải được tinh chỉnh, như các điều kiện cho việc xử lý nhiệt và biến dạng cơ học, để có được sự kiểm soát chính xác đến sự thay chuyển pha thu được và các tính chất. Hàm lượng vượt quá 13,0% có nguy cơ dẫn đến việc hình thành các tạp chất hoặc các pha có hàm lượng Mn cao, có kích thước lớn, và có hàm lượng austenit lớn dẫn đến làm giảm các đặc tính cơ học.

Mức tối thiểu 0,14% có thể được ưu tiên để bắt đầu có được một lợi ích đáng kể từ những lợi thế nêu trên của Mn.

Tốt hơn là, và độc lập với các điều kiện được ưu tiên được thiết lập riêng cho Si và Mn, tổng lượng Si + Mn ít nhất là 0,13%. Với sự ưu tiên này, điều đầu tiên được đảm bảo là có một lượng đáng kể của ít nhất một nguyên tố khử oxy

khác với Al có thể có mặt, chất khử oxy khác này (như Cr) góp phần hạn chế lượng O bị bắt giữ bởi Al cùng với nguy cơ tạo ra các cục vón lớn nhôm oxit; thứ hai là, Si và Mn nằm trong số các nguyên tố tôi cứng được ưu tiên bổ sung vào theo sáng chế để thay thế cho Co và Mo, và do chúng rẻ tiền và không có tác dụng phụ có hại trong các khoảng đã định, cả hai loại này (ngay cả khi được dùng chung) đều là phương tiện mang lại hiệu quả kinh tế cao để đạt được việc tôi cứng cấu trúc được dự liệu.

Hàm lượng C nằm trong khoảng từ lượng vết đến 0,03%. Đối với các loại thép theo sáng chế trong đó các nguyên tố sinh cacbua được bổ sung vào, như Nb, thì hàm lượng cacbon là 0,007 % hoặc thấp hơn có thể được ưu tiên khi không bổ sung crom. Theo cách này, mactensit mềm được tạo ra, do cacbon mactensit giòn và không cho phép thực hiện việc tạo hình cần thiết cho sản phẩm. Cũng cần phải tránh sự hình thành của các cacbua lớn mà có thể dẫn đến việc làm giảm các đặc tính cơ học, do một vài trong số các nguyên tố tôi cứng thay thế cho Co có xu hướng thúc đẩy sự kết tủa của các cacbua. Do đó, hàm lượng C được kiểm soát nằm trong các giới hạn cụ thể là cần thiết hoặc được ưu tiên.

Hàm lượng S nằm trong khoảng từ lượng vết đến 0,0020%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ lượng vết đến 0,0010%, để tránh sự hình thành của các sulfua có thể làm giảm độ bền mỏi nếu có mặt với số lượng lớn và kích thước lớn. Ngoài ra, S làm suy yếu các ranh giới hạt bởi việc phân ly vào chúng, do đó có thể hình thành các vết nứt trên thép đang chịu áp lực. Do đó, cần phải tránh sự có mặt của S hoà tan bằng cách lựa chọn một cách cẩn thận các nguyên liệu và/hoặc quy trình khử lưu huỳnh sâu cho kim loại lỏng. Hàm lượng tối đa cho phép một cách chính xác được điều chỉnh tùy thuộc vào ứng dụng được dự liệu, theo cách thức đã biết (với giới hạn tối đa là 0,0020%, như đã nêu trên).

Hàm lượng P nằm trong khoảng từ lượng vết đến 0,005%, tốt hơn là ít hơn, nhằm hạn chế khả năng nó phân ly vào các đường ranh giới hạt, giống như S.

B có thể có mặt với lượng vết nhưng việc bổ sung vào là được ưu tiên, với lượng tối đa là 0,01%. Nguyên tố này thúc đẩy việc tinh luyện cấu trúc và làm giảm cỡ hạt. Nó tốt cho các đặc tính cơ học nhưng không nên bổ sung vào quá nhiều tới mức làm giảm tính dễ uốn.

Hàm lượng H được giới hạn ở mức 5ppm để tránh các vấn đề hoá giòn do hydro. Tác động của việc tiến hành một hoặc nhiều quy trình xử lý trong chân không trong quy trình chế tạo và sản xuất kim loại lỏng và việc tránh sự nhiễm bẩn tiếp sau của kim loại lỏng do độ ẩm môi trường xung quanh, xỉ, hoặc vật liệu có thể được bổ sung vào bất kỳ, nói chung khiến cho không thể vượt quá mức này.

Hàm lượng O có thể chấp nhận được sẽ phụ thuộc hoàn toàn vào các ứng dụng được dự liệu của sản phẩm cuối, cũng như các lượng có thể chấp nhận được của S, B, N và các nguyên tố tồn dư khác hoặc các nguyên tố mà có thể tạo ra các phần tử kết tủa. Hàm lượng tối đa được thiết lập ở mức 0,030% (300ppm), chúng được tạo ra từ việc thực hiện các phương pháp thường được sử dụng để tạo ra kim loại lỏng. Mục đích là trong sản phẩm cuối sẽ không có các oxit, do thành phần, sự phân bố và kích thước của chúng khó có thể kiểm soát được. Nhằm mục đích này, việc bổ sung Al hoặc nguyên tố dễ oxy hoá khác với lượng nằm trong các khoảng đã định theo sáng chế, góp phần có được hàm lượng O thấp (ví dụ, 16ppm hoặc thấp hơn) và tránh sự có mặt của các oxit lớn được tạo ra, chất lượng sản xuất được kiểm soát chặt chẽ để tránh sự oxy hoá lại của kim loại lỏng tới mức có thể bởi môi trường và các vật liệu chịu lửa.

Hàm lượng Cr nằm trong khoảng từ lượng vết đến 5,0%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,01% đến 5,0%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,1% đến 5,0%. Do đó, sự có mặt của nó là không bắt buộc nhưng nó làm tăng khả năng chống oxy hoá, cải thiện các đặc tính cơ học và hỗ trợ sự thấm nitơ. Mặt khác, Cr giống như Mn là một nguyên tố gamma mở rộng vùng ổn định nhiệt của austenit, bởi việc mở rộng các điểm biến đổi As/Af, Ms/Mf. Giới hạn trên 5% là hợp lý bởi mục đích tránh sự tác động mạnh mẽ của hiệu ứng này.

Cr cũng có tác động có lợi đến các tính chất của lớp đã được thấm nitơ đã được tạo hình trên sản phẩm được tạo ra từ thép theo sáng chế: nó làm giảm khuynh hướng nứt. Hiệu quả này tăng khi có mặt một lượng đáng kể của Mn.

Tốt hơn là tổng lượng Al + Cr ít nhất là 0,1%, tốt hơn nữa là ít nhất là 0,17 %, sao cho oxy tạo oxit sẽ được phân bố giữa Al và Cr, nhờ đó hạn chế nguy cơ hình thành các tạp chất lớn.

Hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ lượng vết đến 4%. Nó nằm trong số các nguyên tố có thể được bổ sung vào một cách chủ ý và không chỉ được xem như là một tạp chất, để bù đắp cho các hàm lượng Co thấp. Ngoài ra, nếu cần, nó phải được hạn chế do Cu là một nguyên tố gama và làm giảm quá trình hoá già mactensit. Khi được bổ sung với tỷ lệ có kiểm soát, Cu góp phần tôi cứng (kết hợp cùng với Mo) và cải thiện khả năng chống oxy hoá.

Hàm lượng W nằm trong khoảng từ lượng vết đến 6,0%. Do đó, sự có mặt của nó là không bắt buộc và có thể được thêm vào khi muốn có hàm lượng thấp của Co, hoặc thậm chí là cả Mo, như đã nêu trên, góp phần tôi cứng cấu trúc.

Hàm lượng Zr nằm trong khoảng từ lượng vết đến 4,0%. Có thể được mong muốn nếu bổ sung nguyên tố này sao cho nó tham gia vào quá trình khử oxy, và cũng tham gia vào việc tạo ra các nitrua mịn, khiến cho N không tạo ra các nitrua quá lớn nếu các nguyên tố có thể tạo ra như nhau (Al đặc biệt là do sự có mặt đáng kể của Ti trong mọi trường hợp cần được tránh) có mặt với lượng rất đáng kể. Zr cũng nằm trong số các nguyên tố tôi cứng có thể thay thế cho Mo và Co.

Ca và Mg có thể được tìm thấy trong kim loại này, dưới dạng các oxit hoặc sulphua, do sự bào mòn của các vật liệu chịu lửa và các sản phẩm chế tạo thép. Cũng có thể được mong muốn nếu bổ sung một cách chủ ý các nguyên tố này để chúng tham gia vào quá trình khử oxy và kiểm soát thành phần của các tạp chất đã oxy hoá, nhờ vậy quyết định khuynh hướng của chúng, kết hợp với Al và đặc biệt là Si, để tạo ra các oxit mà sẽ có thể kết hợp lại và lắng đọng hơn so với các tạp chất chứa nhôm oxit tinh khiết, và khiến cho các tạp chất bất kỳ có thể vẫn tồn tại ở bước tạo hình, giảm bớt tính gây hại của nó. Hàm lượng cuối phải được giới hạn ở mức 0,1% đối với Ca và 0,8% đối với Mg, nhằm tránh sự hình thành của các oxit, do kích thước và sự phân bố của chúng không thể kiểm soát được.

Mỗi nguyên tố Y, Nb, Ta và V có thể được bổ sung vào với mức tối đa 4,0%. Chúng nằm trong số các nguyên tố tôi cứng có thể được sử dụng để bù đắp cho hàm lượng thấp của Co và Mo.

Ngoài ra, Ta và Y trợ giúp cho việc tạo ra các oxit có kích thước nhỏ, và Nb và V thúc đẩy việc hình thành các cacbua nhỏ. Do đó, các nguyên tố này trợ

giúp cho việc đạt được các đặc tính theo sáng chế liên quan đến việc kiểm soát kích thước của các tạp chất. Nb cũng có tác động có lợi đến khả năng hồi phục tính đàn hồi của các lớp đã được thấm nitơ (dưới tải trọng thấp).

Cuối cùng, tốt hơn là, lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 14,0\%$, tốt hơn nữa là lượng vết $\leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$, còn tốt hơn nữa là $0,14\% \leq \text{Al} + \text{Si} + \text{Cu} + \text{Nb} + \text{Mn} + \text{V} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{W} + \text{C} + \text{B} + \text{Y} + \text{Zr} + \text{Ti} + \text{N} \leq 8,0\%$. Bằng cách giới hạn trị số tổng lượng của các nguyên tố này, không cần phải đòi hỏi phải có hiệu quả tôi cứng quá mức của các nguyên tố thay thế cho Co và Mo, và các tác động thứ cấp của chúng đối với các tính chất khác của thép. Trị số tối thiểu ít nhất là 0,14% đối với tổng lượng này tương ứng với lượng được đòi hỏi khi bổ sung một cách chủ ý để thay thế ít nhất là một trong số các nguyên tố tôi cứng cho Co và Mo.

Cần hiểu rằng các định lượng «ưu tiên» cho một số nguyên tố, hoặc cho tổng hàm lượng của một số nguyên tố, là độc lập với nhau. Mặc dù không nằm ngoài phạm vi của sáng chế, song cũng cần phải lưu tâm đến một hoặc nhiều điều kiện ưu tiên nêu trên và không cần đề ý đến các điều kiện còn lại.

Trong số các điều kiện được ưu tiên này, được khuyến cáo nhất là liên quan đến tổng lượng $\text{Al} + \text{Cr} \geq 0,17\%$ và $\text{Si} + \text{Mn} \geq 0,13\%$. Lưu ý rằng ít nhất là một trong hai điều kiện này dường như là đặc biệt có lợi cho việc tối ưu hoá các kết quả được mong muốn, liên quan đến việc kiểm soát các tạp chất, các đặc tính cơ học và cả khả năng thấm nitơ liên quan đến tính năng tốt của lớp đã được thấm nitơ khi sản phẩm cuối được sử dụng.

Các nguyên tố không được nêu trong phần mô tả, chủ yếu, chỉ có mặt dưới dạng các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra và không được bổ sung vào một cách chủ ý.

Liên quan đến các tạp chất, tiêu chuẩn cần phải đáp ứng theo sáng chế đó là các tạp chất này, khi được quan sát bằng cách phân tích ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650mm² nếu thép này ở dạng tấm hoặc chi tiết đã được gia công nóng, và có diện tích 800mm² nếu thép này ở dạng tấm được cán

ngươi, không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10\mu\text{m}$, tốt hơn là không có các tạp chất có kích thước lớn hơn $8\mu\text{m}$.

Đối với tấm hoặc chi tiết đã được gia công nóng, tối ưu nếu các tạp chất này có số đếm các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $1,5\mu\text{m}$ không nhiều hơn hai và tốt hơn là không nhiều hơn 1,5 trên 1 mm^2 của tấm đã được gia công nóng, khi việc quan sát được thực hiện bằng pháp phân tích ảnh SEM có diện tích ít nhất là 200mm^2 , được thực hiện, ví dụ, trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650mm^2 .

Các tạp chất phi kim loại được kể đến gồm các oxit, sulfua và nitrua. Nhóm các oxit được kiểm soát chủ yếu bằng cách lựa chọn các phương pháp sản xuất (quá trình khử oxy mạnh của kim loại lỏng, sau đó loại bỏ các tạp chất lớn càng nhiều càng tốt, đặc biệt bằng cách sử dụng các quy trình tinh luyện để tinh luyện điện cực ban đầu được đúc từ kim loại lỏng). Nhóm các sulfua được kiểm soát bởi việc áp dụng các mức hàm lượng S rất thấp, đòi hỏi phải lựa chọn một cách cẩn thận các nguyên liệu và/hoặc quá trình khử lưu huỳnh của kim loại lỏng. Nhóm các nitrua được kiểm soát bởi việc áp dụng các mức hàm lượng N thấp hoặc rất thấp, ví dụ, nhờ vào việc sử dụng áp suất thấp trong quy trình chế tạo kim loại lỏng và tinh luyện điện cực này, và nhờ vào việc hạn chế hàm lượng Ti của kim loại.

Các thép theo sáng chế được chế tạo, ví dụ, theo quy trình sau, nhưng không nhằm mục đích giới hạn.

Đầu tiên, thép được tạo ra ở trạng thái lỏng trong lò hồ quang điện, và tùy ý cả trong nồi trộn, để điều chỉnh và kiểm soát các thành phần của nó liên quan đến các nguyên tố chủ yếu in, sau đó được đúc dưới dạng các điện cực tinh luyện. Các điện cực này là:

- đã được tinh luyện một lần trong chân không (VAR, phương pháp tinh luyện hồ quang chân không đã biết trong lĩnh vực này), hoặc trong lò điện xỉ (ESR, phương pháp tinh luyện điện xỉ, đã biết trong lĩnh vực này) để tạo ra, sau khi đúc và hóa rắn thép lỏng, thỏi, thanh hoặc tấm;

- hoặc đã được tinh luyện nhiều lần trong chân không (VAR) hoặc trong lò xỉ điện (ESR) để tạo ra, sau khi đúc và hóa rắn, thỏi hoặc tấm.

Do đó, sau khi chế tạo và đúc ở dạng điện cực, hoặc là quy trình tinh luyện một lần điện cực hoặc là quy trình tinh luyện nhiều lần điện cực được tiến hành, ví dụ, VAR + VAR hoặc ESR + VAR. Các quy trình tinh luyện này phục vụ cho mục đích tinh chế kim loại và cải thiện chất lượng hóa rắn bằng cách làm giảm sự phân ly và bằng cách tinh chế cấu trúc hóa rắn của nó. Cụ thể, quy trình tinh luyện ESR có thể cho phép làm giảm hàm lượng lưu huỳnh một cách hiệu quả, và việc tinh luyện VAR có thể cho phép làm giảm hàm lượng nitơ một cách hiệu quả.

Sau đó, tấm hoặc tấm này được cán nóng, sau khi tinh luyện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1050°C đến 1300°C, thông thường ở nhiệt độ khoảng 1200°C, để tạo ra tấm hoặc dải đã được cán nóng có độ dày vài milimet, ví dụ, độ dày nằm trong khoảng từ 1,5mm đến 5mm. Đối với các loại chứa các nguyên tố gamma với hàm lượng lớn hơn 10%, ví dụ, có thể thích hợp nếu kiểm soát vi cấu trúc làm nguội tấm này để thúc đẩy việc hình thành mactensit và ngăn không cho việc tồn tại tiếp tục của lượng austenit ở mức quá cao. Điều này là đáng kể trong trường hợp thép chứa Mn. Bằng thử nghiệm, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ có thể xác định được, đối với trường hợp thép cụ thể mà được dự liệu để chế tạo bằng cách thức gia công hiện có, thì việc làm nguội có kiểm soát này có thể hữu ích hay không.

Các sản phẩm đã được cán nóng có độ dày này, trong các trường hợp nhất định, có thể được sử dụng ở trạng thái nguyên liệu đã được cán nóng hoặc ở trạng thái đã được tái kết tinh có kiểm soát. Sự tái kết tinh có thể xảy ra ở mức độ đủ trong quá trình cán nóng và cuộn dải đã được cán nóng ở dạng cuộn, nhưng trong trường hợp sự tái kết tinh này không đủ để đạt được cấu trúc vi mô và/hoặc các đặc tính cơ học được mong muốn, việc ủ tái kết tinh sau đó có thể được tiến hành để điều chỉnh mức độ tái kết tinh. Trong trường hợp sau, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ biết rõ cách thức để thiết lập các thông số ủ tái kết tinh (nhiệt độ, khoảng thời gian, v.v.) để điều chỉnh cấu trúc vi mô (cụ thể là cỡ hạt) và các đặc tính cơ học được mong muốn.

Thông thường, sau khi cán nóng và tái kết tinh tùy ý (xem các phương pháp xử lý nhiệt kiểu khác) các trị số độ cứng Vickers được dự liệu là 285 Hv10

hoặc lớn hơn. Nó tương ứng với độ bền kéo 950MPa hoặc lớn hơn, và mức giãn nở dài đều 5% hoặc lớn hơn.

Độ cứng được đánh giá dọc theo mặt cắt của tấm nóng. Các cấu trúc được dự liệu cho các sản phẩm đã được tẩy, cán nóng là các cấu trúc mịn tốt hơn là có chỉ số cỡ hạt austenit bằng 10 hoặc lớn hơn theo tiêu chuẩn ASTM E112, mà theo đó điều được chứng tỏ chỉ số cỡ hạt càng cao thì cỡ hạt càng mịn.

Các dải đã được cán nóng này, mà có thể đã được xử lý nhiệt, cũng có thể chưa sử dụng luôn được, và do vậy cần phải làm giảm độ dày của chúng bằng cách tạo hình nguội cho các ứng dụng được dự liệu. Trong trường hợp này, chúng được ngâm tẩy, và sau đó được cán nguội, cùng với một hoặc nhiều công đoạn ủ trung gian giữa các lần cán nguội khác nhau, và có thể là một hoặc nhiều công đoạn ủ hóa già cuối, ủ tái kết tinh, hoặc các loại loại quy trình xử lý nhiệt khác, hoặc các xử lý bề mặt thích hợp tùy theo ứng dụng đã định (sẽ được mô tả chi tiết ở dưới), để tạo ra dải đã được cán nguội có độ dày nhỏ hơn 2mm, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1mm, và ví dụ, có độ dày 0,4mm hoặc 0,2mm.

Tốt hơn, nếu việc xử lý tái kết tinh dải đã được cán nguội được tiến hành với độ dày sao cho dải đã được cán nguội này, tại thời điểm này, có tốc độ hóa bền rèn lớn hơn 30%, tốt hơn nữa là lớn hơn 40%. Tạo ra dải có cỡ hạt bằng 8 theo tiêu chuẩn ASTM (đường kính hạt trung bình nhỏ hơn 20 μ m) hoặc mịn hơn, tốt hơn là 10 theo tiêu chuẩn ASTM (đường kính hạt trung bình nhỏ hơn 10 μ m) hoặc mịn hơn (theo tiêu chuẩn ASTM E112).

Việc xử lý ủ được dự định để tạo ra hạt mịn và/hoặc sự hồi phục ứng suất và/hoặc sự thường hoá kim loại được tiến hành trong môi trường kín bằng cách điều chỉnh một cách thích hợp các thông số liên quan tới nhiệt độ và khoảng thời gian. Các thông số này phụ thuộc vào các điều kiện cụ thể để tiến hành xử lý nhiệt, và người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này biết rõ cách thức để xác định các thông số này trong từng trường hợp cụ thể.

Các yêu cầu được ưu tiên về cỡ hạt của các sản phẩm đã được cán nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, tốt hơn là, phù hợp với các sản phẩm được dự liệu để sử dụng ở trạng thái đã được cán nóng, tùy ý sau khi đã được xử lý nhiệt.

Để cải thiện độ dẹt của dải, và, nếu cần, để bổ sung và tăng cường sự hình thành mactensit, dải này còn có thể được cán nguội lần cuối nhanh (cán phủ hoặc cán ram) với hệ số thu nhỏ nằm trong khoảng từ 1% đến 20%.

Thông thường, việc xử lý tôi cứng (hóa già) dải đã được cán nguội được ưu tiên tiến hành với độ dày sao cho dải đã được cán nguội, tại thời điểm này, có tốc độ hóa bền rên lớn hơn 30%, tốt hơn nữa là, lớn hơn 40%.

Sau đó, chi tiết gia công có thể được cắt ra khỏi dải này, và chi tiết gia công này có thể được tạo hình, ví dụ, bằng cách uốn, hàn, v.v., và sau đó việc xử lý tôi cứng có thể được thực hiện trên chi tiết này bao gồm việc duy trì nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 600°C trong khoảng thời gian từ 30 phút đến 5 giờ. (tốt hơn là ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 420 đến 550°C trong khoảng thời gian từ 30 phút tới 2 giờ, ví dụ, trong thời gian 30 phút hoặc 480°C trong thời gian 2 giờ).

Các sản phẩm đã được cán nóng cũng có thể được xử lý tôi cứng, điển hình là các thép mactensit hoá già có các ưu điểm thường được mong đợi từ việc xử lý như vậy đối với các đặc tính cơ học của chúng.

Các sản phẩm có nguồn gốc từ thép có ít nhất là 70% mactensit, đã được cán nguội và tùy ý đã được xử lý nhiệt, theo sáng chế, có thể đạt độ bền kéo R_m ít nhất là 2030MPa, giới hạn chảy $R_{p0.2}$ ít nhất là 2000MPa, và độ giãn dài $A_{(5,65)}$ ít nhất là 1%. Mặt khác, các sản phẩm có nguồn gốc từ các loại ferit-austenit pha kép có các đặc tính cơ học cơ học kém hơn sau một vài chu kỳ nhiệt nhưng vẫn đảm bảo tính năng cao dưới ứng suất động khi sử dụng (cứng nguội, tăng cường chuyển pha và thấm nito).

Các dấu hiệu đặc trưng này cũng có thể đạt được một cách tối ưu được trên các sản phẩm đã được cán nóng đã được xử lý nhiệt theo cách thức thích hợp.

Sau đó, các sản phẩm có thể được làm cứng bề mặt (thấm nito, thấm cacbon hoặc thấm cacbon, thấm nito-cacbon, làm cứng bề mặt bằng cách phun, v.v.) để nâng cao đặc tính liên quan đến độ bền mỏi của chúng. Độ cứng bề mặt cực trị HV0,1 thông thường ít nhất là 950 mà không cần phải có các phương pháp và các điều kiện thấm nito khác với các phương pháp và các điều kiện đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm được tiến hành trên các mẫu thép theo sáng chế (được ký hiệu là Inv) và trên các mẫu đối chứng (được ký hiệu là Ref), có thành phần của chúng được tóm tắt trong bảng 1, được thể hiện theo % khối lượng. Phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra và ở mức dường như không ảnh hưởng đến các tính chất được xem xét. Ký hiệu « - » thể hiện rằng nguyên tố được nêu chỉ có mặt với lượng vết hoặc với lượng rất nhỏ, và có không có hiệu quả luyện kim.

Bảng 1: Thành phần của các mẫu được thử nghiệm

	Ni	Co	Mo	Ti	Al	Cr	V	Ta	Cu	Nb	Mn	W	Si	Ni+Co+Mo
Ref 1	18,11	16,50	5,30	-	0,02	0,081	-	-	0,110	-	0,074	-	0,047	39,91
Ref 2	17,70	9,10	4,99	0,457	0,11	-	-	-	-	-	-	-	0,008	31,79
Inv 1	17,70	12,98	4,95	-	-	0,021	0,44	-	-	-	0,291	-	< 0,010	35,63
Inv 2	17,90	12,60	4,98	-	-	0,082	2,02	-	-	-	0,273	-	0,021	35,48
Inv 3	18,20	12,20	5,02	-	-	0,157	3,95	-	-	-	0,250	-	0,042	35,42
Inv 4	18,30	12,20	7,10	-	-	0,159	3,99	-	-	-	0,240	-	0,034	37,60
Inv 5	17,90	13,20	5,00	-	-	-	-	0,12	-	-	0,217	-	< 0,010	36,10
Inv 6	17,90	13,00	5,00	-	-	0,005	-	0,53	-	-	0,218	-	< 0,010	35,90
Inv 7	18,20	12,60	4,80	-	-	0,006	-	2,84	-	-	0,213	-	0,014	35,60
Inv 8	18,40	12,70	4,90	-	0,80	0,197	-	2,95	-	-	0,216	-	0,014	36,00
Inv 9	17,70	13,10	5,00	0,015	-	0,005	-	0,009	0,190	-	0,288	-	0,020	35,80
Inv 10	17,80	13,10	5,00	0,016	-	0,005	-	0,009	0,800	-	0,278	-	0,016	35,90
Inv 11	17,70	13,00	5,00	0,016	-	0,005	-	0,009	2,060	-	0,274	-	0,020	35,70
Inv 12	17,90	13,10	7,00	0,020	-	0,010	-	0,004	4,060	-	0,263	-	0,013	38,00
Inv 13	18,10	13,01	5,32	-	0,02	0,908	-	-	2,010	-	0,167	-	0,033	36,43
Inv 14	17,73	13,00	4,95	0,015	-	0,006	-	0,008	-	0,21	0,291	-	0,012	35,68
Inv 15	17,77	12,90	4,95	0,016	-	0,006	-	0,013	-	0,82	0,278	-	0,010	35,62
Inv 16	18,06	12,80	4,97	0,016	-	0,007	-	0,023	-	1,87	0,270	-	0,014	35,83
Inv 17	18,50	12,60	6,46	0,019	0,01	0,100	-	0,043	-	3,77	0,259	-	0,024	37,56
Inv 18	18,20	12,86	5,31	-	0,02	0,037	-	-	0,094	0,793	0,174	-	0,038	36,37
Inv 19	18,22	12,89	5,26	-	0,01	0,883	-	-	0,084	0,775	0,144	-	0,033	36,37
Inv 20	17,69	13,00	4,96	0,016	-	0,006	-	-	-	-	0,780	-	0,010	35,65
Inv 21	17,73	13,00	4,96	0,015	-	0,007	-	-	-	-	1,970	-	< 0,010	35,69
Inv 22	17,87	13,00	4,95	0,015	-	0,010	-	-	-	-	3,920	-	< 0,010	35,82
Inv 23	17,94	12,80	4,84	0,015	0,01	0,012	-	-	-	-	7,830	-	0,014	35,58
Inv 24	18,19	13,00	5,31	-	0,01	0,902	-	-	0,095	-	1,930	-	0,309	36,50
Ref 25	10,10	2,26	1,98	-	0,54	0,007	-	-	-	-	13,54	-	0,044	14,34
Ref 26	18,24	5,02	4,99	0,007	0,62	0,011	-	-	-	-	13,57	-	0,047	28,25
Inv 27	17,80	5,20	4,90	0,006	0,25	0,005	-	-	-	-	0,0053	0,20	0,036	27,99
Inv 28	17,90	5,20	4,90	0,006	0,24	0,005	-	-	-	-	0,0065	0,80	0,034	28,01
Inv 29	18,00	5,10	4,80	0,006	0,25	0,005	-	-	-	-	-	1,90	0,036	27,90
Inv 30	18,00	4,80	4,50	0,006	0,24	0,005	-	-	-	-	-	3,70	0,025	27,23
Inv 31	17,90	7,20	5,00	0,006	0,24	0,007	-	-	-	-	0,0058	0,20	0,029	29,99

Inv 32	17,90	7,10	4,90	0,006	0,24	0,007	-	-	-	-	0,0051	0,70	0,032	29,90
Inv 33	18,10	7,00	4,80	0,006	0,24	0,007	-	-	-	-	0,0055	2,10	0,031	29,90
Inv 34	19,40	6,80	4,70	0,006	0,24	0,006	-	-	-	-	-	4,20	0,028	30,90
Inv 35	17,88	10,11	4,94	0,007	0,24	0,006	-	-	-	-	-	0,20	0,038	32,93
Inv 36	17,88	10,01	4,91	0,007	0,24	0,005	-	-	-	-	-	0,82	0,030	32,80
Inv 37	18,08	9,82	4,81	0,006	0,24	0,006	-	-	-	-	-	1,96	0,033	32,71
Inv 38	19,42	9,57	4,70	0,006	0,25	0,006	-	-	-	-	-	3,94	0,033	33,69
Inv 39	17,90	5,11	4,93	-	0,20	-	-	-	-	-	0,037	-	< 0,010	27,94
Inv 40	17,98	2,09	4,97	-	0,57	-	-	-	-	-	-	-	< 0,010	25,04
Inv 41	18,01	2,11	4,97	-	0,88	-	-	-	-	-	-	-	< 0,010	25,09
Inv 42	17,95	2,11	4,96	-	0,51	0,201	-	-	-	-	-	-	< 0,010	25,02
Inv 43	17,92	2,10	4,97	-	0,52	0,474	-	-	-	-	-	-	0,016	24,99
Inv 44	17,90	5,30	5,00	0,006	0,66	0,200	-	-	-	-	0,0069	-	0,025	28,17
Inv 45	17,90	5,20	4,99	0,006	0,85	0,200	-	-	-	-	0,0067	-	0,027	28,12
Inv 46	17,90	7,20	4,99	0,006	0,85	0,200	-	-	-	-	0,0055	-	0,030	30,09
Inv 47	18,00	10,20	5,00	-	0,86	0,200	-	-	-	-	0,0052	-	0,028	33,20
Inv 48	17,95	5,24	5,00	0,109	0,86	0,006	-	-	-	-	0,0107	-	0,123	28,19
Inv 49	17,97	7,20	5,00	0,109	0,85	0,007	-	-	-	-	0,0119	-	0,120	30,17
Ref 50	17,89	5,26	4,99	0,006	0,85	0,005	-	-	-	-	0,0068	-	0,124	28,14
Ref 51	17,87	7,24	5,03	0,007	0,84	0,006	-	-	-	-	0,0066	-	0,127	30,14
Ref 3	18,04	9,96	4,87	-	4,48	0,005	-	-	-	-	0,063	-	0,027	32,87
Ref 4	18,04	16,21	4,89	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	39,14
Ref 5	18,04	18,57	4,74	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,035	41,35
Inv 52	17,96	5,12	4,97	0,01	0,80	0,005	-	-	-	-	0,008	-	0,124	28,05
Inv 53	18,05	7,18	4,86	0,008	0,82	0,006	-	-	-	-	0,009	-	0,127	30,09
Inv 54	17,96	16,07	9,89	-	0,01	0,02	-	-	-	-	0,11	-	0,09	43,92
Inv 55	18,05	16,30	11,83	-	0,02	0,01	-	-	-	-	0,10	-	0,08	46,18
Inv 56	18,04	8,14	5,06	-	2,63	0,005	-	-	-	-	0,006	-	0,029	31,24
Inv 57	18,16	9,98	5,06	-	3,63	2,2	-	-	-	-	-	-	0,008	33,20
Inv 58	18,24	10,14	5,06	-	4,63	4,6	-	-	-	-	-	-	0,007	33,44
Inv 59	18,04	8,14	5,06	-	2,63	0,005	-	-	-	-	0,006	-	1,97	31,24
Inv 60	18,04	16,03	4,70	-	0,01	0,005	-	-	-	-	-	-	0,03	38,77
Ref 6	18,04	8,14	5,06	-	2,48	-	-	-	-	-	-	-	2,04	31,24
Inv 61	18,16	9,98	5,06	-	3,48	0,04	-	-	-	-	-	-	0,21	33,20

	S	Mg	Zr	Y	B	C	N	P	H	O	Ca
Ref 1	0,0003	-	-	-	-	0,003	0,0015	0,003	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Ref 2	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0007	< 0,002	< 0,00002	0,0020	< 0,0005
Inv 1	< 0,0005	-	-	-	0,0004	0,002	0,0009	< 0,003	< 0,00002	0,0036	< 0,0005
Inv 2	< 0,0005	-	-	-	0,0004	0,002	0,0043	< 0,003	< 0,00002	0,0088	< 0,0005
Inv 3	0,0008	-	-	-	0,0005	0,002	0,0068	< 0,003	< 0,00004	0,0073	< 0,0005
Inv 4	0,0007	-	-	-	0,0007	0,002	0,0057	< 0,003	< 0,00002	0,0073	< 0,0005
Inv 5	< 0,0005	-	-	-	-	< 0,001	0,0016	< 0,003	< 0,00002	0,0276	< 0,0005
Inv 6	< 0,0005	-	-	-	-	< 0,001	0,0017	< 0,003	< 0,00002	0,0028	< 0,0005
Inv 7	< 0,0005	-	-	-	-	< 0,001	0,0015	< 0,003	< 0,00002	0,0023	< 0,0005
Inv 8	< 0,0005	-	-	-	0,0005	0,001	0,0017	< 0,003	< 0,00002	0,0012	< 0,0005
Inv 9	< 0,0005	-	-	-	-	0,005	0,0008	< 0,003	0,00003	0,0073	< 0,0005
Inv 10	< 0,0005	-	-	-	0,0003	0,002	0,0009	< 0,003	< 0,00002	0,006	< 0,0005

Inv 11	< 0,0005	-	-	-	0,0004	0,001	0,0007	< 0,003	< 0,00002	0,0062	< 0,0005
Inv 12	< 0,0005	-	-	-	0,0008	0,002	0,0006	< 0,003	< 0,00002	0,014	< 0,0005
Inv 13	0,00035	-	-	-	-	0,006	0,0016	0,002	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Inv 14	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0005	< 0,003	0,00007	0,0103	< 0,0005
Inv 15	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0015	< 0,003	< 0,00002	0,0046	< 0,0005
Inv 16	< 0,0005	-	-	-	0,0003	0,001	0,0046	< 0,003	< 0,00002	0,0042	< 0,0005
Inv 17	< 0,0005	-	-	-	0,0006	< 0,001	0,0095	< 0,003	< 0,00002	0,0044	< 0,0005
Inv 18	0,0005	-	-	-	-	0,008	0,0012	< 0,002	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Inv 19	0,00044	-	-	-	0,0003	0,007	0,0014	0,002	< 0,00002	0,0014	< 0,0005
Inv 20	< 0,0005	-	-	-	0,0003	0,006	0,0007	< 0,003	< 0,00002	0,0081	< 0,0005
Inv 21	0,0007	-	-	-	0,0003	0,006	0,001	< 0,003	< 0,00002	0,0048	< 0,0005
Inv 22	0,0012	-	-	-	0,0004	0,004	0,0015	< 0,003	0,00004	0,0037	< 0,0005
Inv 23	0,0024	-	-	-	0,0005	0,004	0,0027	< 0,003	< 0,00002	0,0028	< 0,0005
Inv 24	0,001	-	-	-	-	0,005	0,0013	0,002	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Ref 25	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0057	< 0,003	< 0,00002	0,0008	< 0,0005
Ref 26	< 0,0005	-	-	-	-	0,004	0,0065	< 0,003	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Inv 27	< 0,0005	-	-	-	-	< 0,001	0,0006	< 0,003	< 0,00002	0,0088	< 0,0005
Inv 28	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0008	< 0,003	< 0,00002	0,0088	< 0,0005
Inv 29	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0011	< 0,003	< 0,00002	0,0113	< 0,0005
Inv 30	< 0,0005	-	-	-	-	< 0,001	0,0015	< 0,003	< 0,00002	0,0111	< 0,0005
Inv 31	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0008	< 0,003	< 0,00002	0,0056	< 0,0005
Inv 32	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0012	< 0,003	< 0,00002	0,0069	< 0,0005
Inv 33	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0017	< 0,003	< 0,00002	0,0078	< 0,0005
Inv 34	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0025	< 0,003	< 0,00002	0,0113	< 0,0005
Inv 35	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0007	< 0,003	< 0,00002	0,0037	< 0,0005
Inv 36	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,001	< 0,003	< 0,00002	0,0045	< 0,0005
Inv 37	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0019	< 0,003	< 0,00002	0,0052	< 0,0005
Inv 38	< 0,0005	-	-	-	-	0,001	0,0023	< 0,003	< 0,00002	0,0064	< 0,0005
Inv 39	< 0,005	-	-	-	-	0,006	< 0,0005	< 0,002	< 0,00002	0,0014	< 0,0005
Inv 40	< 0,005	-	-	-	-	0,003	< 0,0005	< 0,002	< 0,00002	0,003	< 0,0005
Inv 41	< 0,005	-	-	-	-	0,003	< 0,0005	< 0,002	< 0,00002	0,0017	< 0,0005
Inv 42	< 0,005	-	-	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,002	< 0,00002	0,0008	< 0,0005
Inv 43	< 0,005	-	-	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,002	< 0,00002	0,0011	< 0,0005
Inv 44	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0006	< 0,003	< 0,00002	0,0016	< 0,0005
Inv 45	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0024	< 0,0005
Inv 46	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0007	< 0,0005
Inv 47	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0006	< 0,003	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Inv 48	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0013	< 0,003	< 0,00002	0,0020	< 0,0005
Inv 49	< 0,0005	-	-	-	-	0,003	0,0013	< 0,003	< 0,00002	0,0017	< 0,0005
Ref 50	0,004	-	-	-	-	0,003	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0005	< 0,0005
Ref 51	0,0053	-	-	-	-	0,003	0,0006	< 0,003	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Ref 3	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	0,0060	< 0,003	< 0,00002	0,0054	< 0,0005
Ref 4	0,0027	-	-	-	-	0,0035	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0020	< 0,0005
Ref 5	0,0035	-	-	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0014	< 0,0005
Inv 52	0,0009	0,03	-	-	-	0,003	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0005	< 0,0005
Inv 53	0,0009	0,05	-	-	-	0,003	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	< 0,0005	< 0,0005
Inv 54	< 0,0005	-	-	-	-	0,006	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0011	< 0,0005
Inv 55	< 0,0005	-	-	-	-	0,007	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0032	< 0,0005
Inv 56	< 0,0005	-	0,02	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,008	< 0,0005
Inv 57	< 0,0005	-	0,015	-	-	0,004	0,0020	< 0,003	< 0,00002	0,002	< 0,0005
Inv 58	< 0,0005	-	0,13	-	-	0,006	0,0015	< 0,003	< 0,00002	0,0015	< 0,0005
Inv 59	< 0,0005	-	-	0,96	-	0,006	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,003	< 0,0005
Inv 60	< 0,0005	-	-	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,0018	0,098
Inv 61	< 0,0005	0,782	0,03	-	-	0,002	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,003	< 0,0005
Ref 6	< 0,0005	-	-	3,46	-	0,005	< 0,0005	< 0,003	< 0,00002	0,002	< 0,0005

Các quy trình chế tạo thép theo sáng chế và thép đối chứng, để lấy các mẫu nêu trong Bảng 1, được thực hiện theo sơ đồ được mô tả dưới đây, theo cách để tạo ra các dải có độ dày 0,4mm.

Các mẫu theo sáng chế được tạo ra trong phòng thí nghiệm trong lò cảm ứng chân không thử nghiệm, trên các mẫu đúc thử nghiệm nặng vài kg (5 tới 50kg), trừ các mẫu Inv 13, Inv 18, Inv 19 Inv 24, Inv 54, Inv 55, Inv 60 và Inv 61 được tạo ra trên thiết bị công nghiệp (vài tấn), đầu tiên bằng cách nấu chảy trong lò hồ quang điện, và sau đó áp dụng các quy trình VIM và tinh luyện VAR.

Các mẫu Ref 1, Ref 2 và Ref 4 được tạo ra trên thiết bị công nghiệp. Các mẫu đối chứng khác Ref 3, Ref 5, Ref 6, Ref 25, Ref 26, Ref 50, Ref 51 được tạo ra trong phòng thí nghiệm trong các điều kiện giống như để tạo ra các mẫu theo sáng chế trong phòng thí nghiệm.

Các cấu trúc và các tạp chất được đánh giá trên các sản phẩm đúc thử nghiệm là rất giống với các kết quả thu được ở các mẫu được tạo ra trên các thiết bị công nghiệp với thời gian sản xuất tương đương. Sự chênh lệch về mật độ và kích thước của các tạp chất mịn nhất không vượt quá 20% là hữu ích đối với các sản phẩm đúc thử nghiệm (liên quan đến các dạng phôi được sử dụng), còn lại đều không đổi. Tuy nhiên, các sản phẩm đúc được nghiên cứu có sự khác biệt về việc nó không được tinh luyện nhằm bù đắp cho các khác biệt so với các thông số nêu trên và khiến cho các kết quả thử nghiệm trong phòng thí nghiệm tương đương với các kết quả thử nghiệm công nghiệp. Các phôi này sau đó được làm biến dạng thành các tấm bằng cách cán thô để làm giảm độ dày nằm trong khoảng từ 200 đến 100mm.

Sau đó, các tấm này được cán nóng để đạt độ dày 3,5mm sau khi nung nóng tới khoảng 1300°C tương ứng với việc cán nóng xảy ra từ nhiệt độ 1285°C, có tính đến khoảng thời gian vận chuyển giữa lò và máy cán. Sau đó, tấm kim loại này được tẩy và được cán nguội để đạt độ dày 0,4mm hoặc nhỏ hơn. Việc ủ austenit hoá hoặc ủ dung dịch trước khi tái kết tinh và sau đó là ủ hoá già đôi khi được tiến hành trong các bước khác nhau của quy trình sản xuất và lần lượt được tiến hành ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 800 đến 850°C (dưới 1 giờ), tiếp đó ở

hiệu độ nằm trong khoảng từ 850°C đến 1200°C (trong khoảng thời gian dưới 10 phút) và cuối cùng là ở hiệu độ nằm trong khoảng từ 420 đến 550°C trong khoảng thời gian từ 30 phút đến 4 giờ.

Bảng 2 thể hiện:

- kích thước của các tạp chất lớn nhất của mỗi mẫu được nêu trong bảng 1, sau khi cán nóng, được quan sát trên vùng 650mm² của các mẫu này được lấy ở giữa tấm;

- các mật độ tạp chất được đánh giá trên bề mặt 650mm² dưới kính hiển vi quang học (OM) đối với các tạp chất lớn hơn 4µm;

- và các mật độ tạp chất được quan sát dưới kính hiển vi quét điện tử (SEM) bởi phép phân tích ảnh tự động trên các mẫu được tạo ra trong nghiệp, được quan sát trên các bề mặt có diện tích nằm trong khoảng từ 100 đến 400mm² đối với các tạp chất lớn hơn 1,5µm.

Kích thước tối đa của các hạt đã quan sát được được xem là đường kính tạp chất tương đương ký hiệu là «chu vi D». Cần hiểu rằng thuật ngữ «đường kính» của các tạp chất, được hiểu là để chỉ «đường kính tương đương», điều đó có nghĩa là đường kính của một tạp chất có thể có mặt cắt hình tròn và có cùng diện tích bề mặt với tạp chất được quan sát, nếu tạp chất này có mặt cắt không phải dạng tròn thông thường.

Ngoài ra, bằng phép phân tích ảnh quang học chỉ phân biệt màu sắc tương phản và không phân biệt thành phần của các tạp chất, duy nhất sự vắng mặt của TiN (có sự tương phản màu da cam đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này) là có thể nhận diện được dưới kính hiển vi quang học, cũng như các mật độ tạp chất của các hạt được đánh giá khác nhau đối với các tạp chất có kích thước lớn hơn 4µm. Cuối cùng, các tạp chất được đặc tả một cách chính xác bằng cách đếm và phân tích tự động dưới kính hiển vi quét điện tử cùng với súng bắn trường (MEB FEG) trên các bề mặt có diện tích nằm trong khoảng từ 200 đến 400mm² (với độ phóng đại tương ứng x300, x1000, x10 000), và các mật độ bề mặt được ước tính của chúng. Do đó, mật độ và loại tạp chất trong các mẫu được chế tạo công nghiệp được đánh giá trên các dải được cán

nóng dày 3,5mm. Tất cả các mật độ được quy đổi theo mật độ bề mặt (số lượng tạp chất trên mm²).

Bảng 2: Kích thước của các tạp chất lớn nhất quan sát trên các mẫu cán nóng, và các mật độ tạp chất (đối với các tạp chất lớn hơn 4µm) của các mẫu cán nóng dưới kính hiển vi quang học, và dưới kính hiển vi quét điện tử (đối với các tạp chất lớn hơn 1,5µm)

	Chu vi D tối đa của tạp chất (µm)	Mật độ tạp chất (số lượng trên mm ²)	
		OM (các tạp chất > 4µm)	SEM (các tạp chất > 1.5µm)
Ref 1	8	0,09	2,6
Ref 2	8	0,5	15
Inv 1	5	0,33	
Inv 2	10	0,21	
Inv 3	6	0,27	
Inv 4	4	0,53	
Inv 5	10	0,29	
Inv 6	5	0,15	
Inv 7	5	0,11	
Inv 8	5	0,10	
Inv 9	6	0,31	
Inv 10	7	0,24	
Inv 11	5	0,35	
Inv 12	8	0,81	
Inv 13	7	0,31	0,89
Inv 14	8	0,32	
Inv 15	5	0,19	
Inv 16	10	0,28	
Inv 17	10	0,32	
Inv 18	10	0,29	1,10
Inv 19	6	0,21	1,39
Inv 20	5	0,48	
Inv 21	10	0,30	
Inv 22	10	0,32	
Inv 23	10	0,42	
Inv 24	7	0,45	1,10
Ref 25	10	1,73	
Ref 26	10	1,75	
Inv 27	7	1,28	
Inv 28	9	4,20	

Inv 29	8	3,06	
Inv 30	10	1,11	
Inv 31	5	1,55	
Inv 32	7	3,39	
Inv 33	6	3,29	
Inv 34	10	2,07	
Inv 35	5	1,92	
Inv 36	5	2,82	
Inv 37	10	2,49	
Inv 38	5	1,59	
Inv 39	7	0,07	
Inv 40	10	0,12	
Inv 41	10	0,11	
Inv 42	7	0,12	
Inv 43	7	0,09	
Inv 44	2	0,24	
Inv 45	10	0,92	
Inv 46	4	0,39	
Inv 47	6	0,13	
Inv 48	10	0,80	
Inv 49	5	0,48	
Ref 50	10	0,81	
Ref 51	5	1,56	
Ref 3	14	0,96	
Ref 4	11	0,54	1,6
Ref 5	11	0,69	2,1
Inv 52	8	0,94	
Inv 53	7	1,02	
Inv 54	8	0,18	
Inv 55	7	0,21	
Inv 56	8	0,98	
Inv 57	8	1,24	
Inv 58	8	1,47	
Inv 59	8	1,01	
Inv 60	8	0,97	
Ref 6	12	0,53	
Inv 61	8	0,86	

Những kết quả này cho thấy rằng trong trường hợp các mẫu theo sáng chế, mật độ tạp chất thấp đã đạt được cùng với sự vắng mặt hoàn toàn của các tạp chất có kích thước tương đối lớn bằng cách điều chỉnh thành phần nguyên liệu và phương pháp sản xuất, cụ thể là không có các tạp chất lớn hơn 10µm trên các sản

phẩm được cán nóng, và các mật độ tạp chất tối ưu là tương đương hoặc thấp hơn các mật độ của các mẫu đối chứng. Các tạp chất lớn như vậy cũng không có mặt ở mẫu đối chứng 1, nhưng số lượng các tạp chất dạng oxit nhỏ (đường kính nằm trong khoảng từ $5\mu\text{m}$ tới $10\mu\text{m}$) là cao hơn một cách đáng kể so với ở các mẫu công nghiệp (ví dụ) của sáng chế, là không có lợi đối với các đặc tính độ bền mỏi. Đối với mẫu đối chứng 2, nó có mật độ nitrua quá cao bao gồm các nitrua có kích thước lớn hơn $10\mu\text{m}$. Bản thân đặc tính này cản trở việc đạt được mục đích được mong muốn là để có độ bền mỏi mỹ mãn (xét về kích thước, loại và hình thái học của các nitrua) và nó dường như không hữu ích nếu chú trọng vào các oxit của mẫu này.

Do đó, các mẫu theo sáng chế chỉ chứa các tạp chất có đường kính nhỏ và với số lượng ít (các tạp chất có kích thước tương đối mịn đòi hỏi việc đếm dưới kính hiển vi điện tử quét để đánh giá số lượng các tạp chất có thể phát hiện được theo độ phân giải của thiết bị và để có được sự ước tính chính xác về các kích thước lớn hơn $1,5\mu\text{m}$). Cụ thể, việc không có Ti nitrua có thể liên quan cụ thể đến sự vắng mặt của Ti và hàm lượng rất thấp của N. Trường hợp giống như ở mẫu đối chứng 1, mặc dù mật độ tạp chất và đường kính của các tạp chất lớn nhất là cao hơn một chút so với ở các trường hợp tốt nhất theo sáng chế. Như đối với mẫu đối chứng 2, điều được xác nhận là các nitrua (chủ yếu là các Ti nitrua) chiếm chủ yếu trong đó và có mặt dưới dạng các tạp chất hơi dẽo và thường có kích thước quá lớn để cản trở việc đạt được mục đích mong muốn là độ bền mỏi mỹ mãn.

Tương tự, Ref 4 và Ref 5, có hàm lượng S cao, và Ref 3 và Ref 6 lần lượt có hàm lượng cao của Al và Y, có chứa các tạp chất oxit có kích thước lớn, lớn hơn $10\mu\text{m}$ trên các sản phẩm được cán nóng.

Việc đếm tạp chất dưới kính hiển vi quang học được bắt đầu trước tiên (nhanh chóng và dễ dàng thực hiện) sẽ nhanh chóng đạt đến giới hạn của chúng do kích thước nhỏ của các tạp chất và số lượng ít của chúng. Ngoài ra, phép phân tích bằng kính hiển vi quang học được sử dụng theo sáng chế đối với các tạp chất dạng oxit, sulfua hoặc các dạng hạt khác, có thể đếm cả các hình giả tạo nằm hỗn độn giữa các vùng bóng xám do quá trình chế tạo mẫu, bản bề mặt, v.v. sinh ra nếu như các ảnh đếm không được quan sát bởi người có kinh nghiệm. Do đó, việc

phân tích và đếm tạp chất tự động nhờ sử dụng SEM và EDX được ưu tiên để có được sự thể hiện tin cậy hơn về mật độ bề mặt của các tạp chất trong các mẫu công nghiệp được tạo ra theo sáng chế.

Do đó, điều tin chắc là, mặc dù các mẫu theo sáng chế có thể có các tạp chất có kích thước tối đa nhỏ hơn so với ở mẫu đối chứng 1 (không có Ti), song hầu hết các mẫu theo sáng chế đều có các mật độ tạp chất, khi được đánh giá dưới kính hiển vi điện tử quét, thấp hơn so với mật độ của mẫu đối chứng (được đánh giá trong cùng các điều kiện). Do đó, mật độ của các tạp chất có đường kính lớn hơn $1,5\mu\text{m}$ khi quan sát bằng phương pháp SEM là nhỏ hơn hai lần so với mật độ ở mẫu đối chứng 1, và ngoài ra các kích thước của các hạt lớn nhất được quan sát trên các sản phẩm đúc công nghiệp là nhỏ hơn (khoảng $1\mu\text{m}$) so với các kích thước quan sát được mẫu đối chứng.

Bảng 2 cho phép xác định các khoảng thành phần tốt nhất liên quan đến các tạp chất của các thép theo sáng chế.

Các mẫu theo sáng chế Inv 9 tới 13 chứng tỏ rằng có tối đa 4% Cu (khi kiểm soát các phương pháp sản xuất và sự có mặt của các nguyên tố tồn dư theo sáng chế) thì dường như kiểm soát được kích thước tối đa của các tạp chất.

Mặt khác, các mẫu Inv 14 tới 19, cho thấy rằng các thành phần được ưu tiên có hàm lượng Nb là 2% hoặc nhỏ hơn và, nằm trong khoảng thành phần này, hàm lượng cacbon nhỏ hơn 0,007 %, nhằm tránh sự hình thành của các cacbua có kích thước lớn hơn $10\mu\text{m}$, hoặc để tạo sự tiên cho việc bổ sung các nguyên tố tạo cacbua khác như Cr (cho phép hàm lượng cacbon cao với sự có mặt của Nb).

Các mẫu Inv 20 tới 24 cho thấy rằng hàm lượng mangan là 4% hoặc thấp hơn sẽ không thúc đẩy việc hình thành các tạp chất có kích thước lớn hơn $10\mu\text{m}$, và hàm lượng lớn hơn mức này, đòi hỏi việc kiểm soát chính xác về tỷ lệ của cacbon tự do (tốt hơn là dưới 10ppm).

Các mẫu có hàm lượng Co thấp (cùng với việc bổ sung nhôm và/hoặc silic và/hoặc crom), Ref 25, Ref 26, Inv 27 tới 34, Inv 39 tới 49, Inv 52, Inv 53, Inv 56 tới 59, Inv 61, Ref 50 và Ref 51 đều có các tạp chất có đường kính $10\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn (thậm chí là $8\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn) đặc biệt liên quan đến hàm lượng oxy nhỏ hơn 16ppm.

Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này sẽ biết rằng việc gia công nguội chỉ có thể làm giảm kích thước của các tạp chất, mà không dẫn đến làm tăng tỷ lệ của chúng trong trường hợp bất kỳ.

Do thành phần hoá học nội tại, các loại thép theo sáng chế đều có ưu điểm là không tạo ra các nitrua trong quy trình sản xuất và cho phép kiểm soát kích thước và loại tạp chất tồn dư, đặc biệt là các oxit. Nhờ việc kiểm soát một cách cẩn thận các nguyên liệu được sử dụng và quy trình xử lý được áp dụng, cho phép có được các hàm lượng thấp của các nguyên tố tồn dư N, S, C và P, và nhờ vào việc khử oxy của kim loại lỏng, các hạt oxit được tạo ra có kích thước giới hạn là 10µm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là nhỏ hơn 8µm, và có thành phần thích hợp được tạo ra với các khoảng xử lý nêu trên. Tùy thuộc vào thành phần của thép, các nhôm oxit đã tạo ra, ví dụ, các hỗn hợp oxit của Al và Mg (nguyên tố này chắc chắn là có nguồn gốc từ xỉ và các vật liệu chịu lửa của thiết bị sản xuất) hoặc duy nhất nhôm oxit, nhưng cũng có thể là các oxit Si, Ca, Mg hoặc các hỗn hợp oxit khác; đôi khi một vài sulfua hoặc cacbua mịn trên cơ sở các tạp chất này.

Các đặc tính cơ học quan trọng của các mẫu khác nhau được tóm tắt trong các bảng 3, 4 và 5, bảng 3 thể hiện cho các mẫu ở trạng thái đã được cán nóng, bảng 4 thể hiện cho tất cả các mẫu ở trạng thái đã được cán nóng sau khi ủ hoá già làm tôi cứng kết tủa, và bảng 5 đặc tả cho tất cả các mẫu ở trạng thái đã được cán nguội và hoá già (với việc xử lý đối chứng ở 480°C trong 3 giờ). Các tính chất được đo theo phương dọc so với hướng cán dãi. Các tính chất này gồm độ cứng Vickers HV 10 (đối với các mẫu được cán nóng), độ bền kéo tối đa R_m (được thể hiện theo MPa) đối với các mẫu được cán nóng và hoá già, giới hạn chảy quy ước $R_{p0.2}$ (được thể hiện theo MPa), độ giãn dài đều A_r (được thể hiện theo % và được đo trên các mẫu thử có độ dài L_0 lớn hơn 5,65 lần căn bậc hai của mặt cắt ban đầu S_0) đối với các mẫu được cán nguội ở các trạng thái đã hoá già và chưa hoá già.

Bảng 3: Độ cứng Vickers Hv 10 của mẫu ở trạng thái đã được cán nóng

		Hv	Trung bình	Độ lệch chuẩn
Ref 1	lần đo 1	308	312	3,2
	lần đo 2	314		
	lần đo 3	313		
Inv 13	lần đo 1	307	305	1,86
	lần đo 2	304		
	lần đo 3	305		
Inv 18	lần đo 1	332	331	2,10
	lần đo 2	329		
	lần đo 3	333		
Inv 19	lần đo 1	335	336	0,79
	lần đo 2	336		
	lần đo 3	336		
Inv 24	lần đo 1	292	293	0,55
	lần đo 2	293		
	lần đo 3	292		
Ref 3	lần đo 1	325	326	0,81
	lần đo 2	326		
	lần đo 3	327		
Ref 4	lần đo 1	324	324	0,70
	lần đo 2	325		
	lần đo 3	324		
Ref 5	lần đo 1	388	389	1,22
	lần đo 2	390		
	lần đo 3	388		
Inv 53	lần đo 1	301	300	1,93
	lần đo 2	298		
	lần đo 3	302		
Inv 56	lần đo 1	314	313	0,80
	lần đo 2	312		
	lần đo 3	313		
Inv 57	lần đo 1	343	342	0,59
	lần đo 2	342		
	lần đo 3	342		
Inv 58	lần đo 1	331	330	0,91
	lần đo 2	331		
	lần đo 3	330		
Inv 59	lần đo 1	301	300	1,25
	lần đo 2	300		
	lần đo 3	299		
Inv 60	lần đo 1	312	310	1,53

	lần đo 2	310		
	lần đo 3	309		
Ref 6	lần đo 1	297	297	0,36
	lần đo 2	297		
	lần đo 3	297		
Inv 61	lần đo 1	341	341	0,50
	lần đo 2	341		
	lần đo 3	341		

Bảng 3: Độ bền kéo Rm của các mẫu ở trạng thái đã được cán nóng và hoá già

Mẫu	Rm ở trạng thái đã được cán nóng và hoá già (MPa)
Ref 1	2078
Ref 2	1860
Inv 1	1925
Inv 2	2097
Inv 3	951
Inv 4	590
Inv 5	1883
Inv 6	1941
Inv 7	2016
Inv 8	2136
Inv 9	1869
Inv 10	1870
Inv 11	1945
Inv12	990
Inv13	2067
Inv14	1927
Inv15	2026
Inv16	1981
Inv17	1479
Inv18	2109
Inv19	2198
Inv 20	1917

Inv 21	2068
Inv 22	630
Inv 23	510
Inv 24	886
Ref 25	489
Ref 26	544
Inv 27	1318
Inv 28	1342
Inv 29	1512
Inv 30	1379
Inv 31	1379
Inv 32	1406
Inv 33	1672
Inv 34	1794
Inv 35	1651
Inv 36	1724
Inv 37	1949
Inv 38	1984
Inv 39	1329
Inv 40	1388
Inv 41	1622
Inv 42	1606
Inv 43	1581
Inv 44	1498
Inv 45	1673
Inv 46	1661
Inv 47	1683
Inv 48	1659
Inv 49	1685
Ref 50	1702

Ref 51	1802
Ref 3	2498
Ref 4	2089
Ref 5	2354
Inv 52	1712
Inv 53	1820
Inv 54	2668
Inv 55	2730
Inv 56	2107
Inv 57	2361
Inv 58	2503
Inv 59	2078
Inv 60	2065
Ref 6	2384
Inv 61	2349

Bảng 5: Các đặc tính cơ học của các mẫu ở trạng thái đã được cán nguội sau khi cán, và ở trạng thái đã được cán nguội và hoá già

Trạng thái		Độ dày mm	Chiều rộng mm	Diện tích bề mặt được quan sát mm ²	Rm Mpa	Rp0,2 Mpa	Ar (%)	Hv 1			HV 1 trung bình
cán nguội	Ref 1	0,42	7,00	2,92	1198,40	1126,50	5,73	369	372	370	370
hoá già		0,42	7,00	2,93	2132,45	2101,70	2,63	622	621	618	620
cán nguội	Inv 13	0,42	7,00	2,94	1298,33	1274,00	5,50	378	373	375	375
hoá già		0,42	7,00	2,93	2067,33	2041,00	3,13	595	604	600	600
cán nguội	Inv 18	0,416	7,00	2,91	1276,67	1254,67	5,87	371	373	370	371
hoá già		0,42	7,00	2,92	2109,00	2092,00	1,77	622	624	618	621
cán nguội	Inv 19	0,43	7,00	2,98	1087,33	1071,67	9,73	328	330	324	327
hoá già		0,43	7,00	3,00	2189,33	2172,00	1,97	615	625	617	619
cán nguội	Inv 24	0,42	7,00	2,97	1141,33	1109,00	9,80	365	371	369	368
hoá già		0,42	7,00	2,94	885,67	388,67	42,60	185	177	179	180
cán nguội	Ref 3	0,42	7,00	2,96	1736,25	1685,26	6,34	512	514	510	512
hoá già		0,42	7,00	2,94	2512,54	2483,70	3,75	740	740	739	739
cán nguội	Inv 54	0,42	7,00	2,92	1564,70	1532,63	7,56	461	461	460	461
hoá già		0,42	7,00	2,91	2687,24	2654,23	5,02	791	790	790	790
cán nguội	Inv 55	0,42	7,00	2,93	1604,26	1576,35	7,32	329	334	331	331
hoá già		0,42	7,00	2,94	2736,45	2704,68	4,71	804	805	806	805
cán nguội	Inv	0,42	7,00	2,92	1529,50	1492,10	5,68	452	452	451	451

hoá già	56	0,42	7,00	2,92	2238,76	2204,30	4,12	659	658	658	658
cán nguội	Inv	0,42	7,00	2,94	1488,46	1445,98	3,84	438	439	438	438
hoá già	57	0,42	7,00	2,92	2365,40	2340,28	2,83	696	696	698	697
cán nguội	Inv	0,42	7,00	2,93	1592,58	1567,36	5,24	468	468	469	468
hoá già	58	0,42	7,00	2,91	2546,59	2516,36	3,57	749	748	750	749

Các đặc tính cơ học đạt được ở các mẫu theo sáng chế ở trạng thái đã được cán nóng và/hoặc cán nguội và đã được hoá già là gần như tương đương hoặc thậm chí là tốt hơn so với các mẫu đối chứng. Do đó, các loại thép theo sáng chế kết hợp có cả tính kinh tế (có giá thành thấp liên quan đến việc giảm bớt việc dùng nguyên liệu Ti, Co...) lẫn các đặc tính cơ học cao. Đối với mỗi nguyên tố hợp kim Nb, Cu, Mn, W, Ta, V, độ bền kéo tới hạn ở trạng thái đã hoá già lớn hơn 1950MPa có thể đạt được nhờ việc điều chỉnh thành phần và phương pháp thực hiện.

Bảng 4 minh hoạ các trị số $R_m > 2000\text{MPa}$ ở trạng thái đã được cán nóng đối với việc điều chỉnh hàm lượng các nguyên tố bổ sung, cho phép cấu trúc mactensit cần tạo ra có khả năng hoá già (ví dụ, trong khi Nb thể hiện tính chất tôi cứng theo sáng chế ở các mẫu Inv 14 tới 19, thì Mn với hàm lượng 4% hoặc thấp hơn và/hoặc kiểm soát hàm lượng Cr được bổ sung vào nhằm tránh sự hình thành của austenit chủ yếu...). Ngoài ra, các loại thép Inv 27 tới 49, Inv 52 và Inv 61 theo sáng chế có hàm lượng Co + Mo lớn hơn 9%, tốt hơn là lớn hơn 15% để đạt được các đặc tính cơ học ở trạng thái đã hoá già ít nhất là tương đương với các đặc tính của các mẫu đối chứng Ref 1 và Ref 3.

Sự cân đối giữa các đặc tính cơ học này đi kèm với việc kiểm soát các tạp chất nhờ việc lựa chọn cẩn thận các điều kiện xử lý minh hoạ cho bản chất của sáng chế, kèm theo nó là việc cải thiện các tính chất bề mặt sau khi thấm nitơ của các vật liệu dùng cho các ứng dụng chịu mỏi.

Các điều kiện hoá già được thử nghiệm trên các sản phẩm được cán nóng và cán nguội để đạt được sự tối ưu của chúng (sau khi ủ thường hoá hoặc ủ dung dịch).

Việc ủ dung dịch ở 850°C trong 1 giờ trong môi trường khử được tiến hành trước trên mỗi mẫu, tạo ra cấu trúc đồng nhất. Các cặp biến số thử nghiệm (thời gian-nhiệt độ) khác nhau được khảo sát trên các vật liệu đã được ủ này để

định rõ các điều kiện hoá già thích ứng với các ứng dụng được dự liệu và các loại thép được tạo ra.

Tuỳ thuộc vào các điều kiện hoá già đã được thử nghiệm, trong môi trường khí agon ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 420°C đến 550°C, các trị số tối ưu được xác định về độ cứng sau khi hoá già và các pha có mặt.

Các loại thép Inv 1 tới 4, chứa V, có các điều kiện hoá già giống hệt với các điều kiện thường áp dụng cho các mẫu đối chứng 1 và 2 (ví dụ, việc xử lý với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 450° đến 500°C trong khoảng thời gian ≤ 3 giờ), và cho phép đạt được trị số Rm ở trạng thái đã hoá già lớn hơn 1900MPa đối với hàm lượng $V \leq 4\%$; các loại thép Inv 5 tới 8 chứa Ta có các đặc tính cơ học cao ($R_m > 1940\text{MPa}$) khi và sau khi 0,5% Ta được bổ sung vào với cùng các điều kiện hoá già. Các loại thép Inv 9 tới 13 chứa Cu thể hiện các điều kiện hoá già tối ưu với việc xử lý ở khoảng 500°C trong khoảng thời gian ≤ 2 giờ (hoặc 480°C-3 giờ) cho phép đạt được trị số Rm ở trạng thái đã hoá già lớn hơn 1940MPa khi bổ sung 2% Cu hoặc hơn; các mức đặc tính này đối với việc hoá già tăng khi có mặt Cr ($< 2\%$) và Mn ($< 1\%$) cùng với việc tôi cứng cấu trúc, tức là với tổng lượng $Co + Mo + Cu + Cr + Mn < 25\%$. Các loại thép Inv 14 tới 19 chứa Nb thể hiện các đặc tính cơ học hơn hẳn so với Ref 2 sau khi hoá già ngay cả khi các tỷ lệ nhỏ của Nb được bổ sung vào, điều này được thể hiện trên một khoảng rộng các điều kiện hoá già từ 420°C tới 550°C trong khoảng thời gian 30 phút tới 5 giờ. Việc xử lý tối ưu ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 450° đến 500°C trong 2 giờ được đề xuất.

Việc bổ sung các tỷ lệ có kiểm soát của Cr và Mn làm tăng mức độ hoá già tôi cứng. Tuy nhiên, các loại thép này đòi hỏi việc kiểm soát đối với hàm lượng Nb nhằm tránh sự hình thành của các cụm tạp chất hoặc các hạt có kích thước lớn hơn trị số tối đa theo sáng sáng chế. Do đó, hàm lượng $Nb \leq 4\%$ được đề xuất.

Các loại thép Inv 20 tới 24 và Ref 25 và 26 chứa một lượng đáng kể của Mn (lớn hơn 0,19%) cấu thành các loại thép có pha kép, đòi hỏi cần phải tạo ra cấu trúc mactensit chủ yếu để có được sự hoá già tối ưu. Do đó, các loại thép có hàm lượng Mn tương đối hạn chế (lượng vết $\leq Mn \leq 4\%$) cho phép đạt được trị số $R_m > 1940\text{MPa}$ cùng với các điều kiện hoá già giống hệt với các điều kiện đã được áp dụng cho các mẫu đối chứng 1 và 2, (ví dụ, nhiệt độ nằm trong khoảng từ

450° đến 500°C đối với các xử lý trong khoảng thời gian ≤ 3 h). Với hàm lượng Mn có kiểm soát này, việc bổ sung có kiểm soát Al, Si hoặc Cr làm tăng mức độ tôi cứng hoá già tạo ra cấu trúc mactensit được duy trì trước khi hoá già.

Các loại thép Ref 25 và 26 nằm ngoài phạm vi của sáng chế do hàm lượng Mn của chúng vượt quá 13,0%. Các tạp chất của chúng như được thể hiện trong bảng 2 là không tối ưu cho dù giới hạn về kích thước tối đa của tạp chất vẫn duy trì ở mức có thể chấp nhận được: các tạp chất lớn nhất có đường kính tương đương là 10 μ m và các mật độ tạp chất của chúng là 1,73 và 1,75 tạp chất/mm² là một trong những mức cao nhất cho loại kích thước này. Bảng 4 cho thấy rằng trị số Rm của nó ở trạng thái đã được cán nóng và hoá già là tương đối thấp (489 và 544MPa).

Trong các thép theo sáng chế cũng như trong các thép đối chứng, các đặc tính cơ học của các thép mactensit hoá già dựa trên việc tôi cứng hoá già do sự kết hợp Co và Mo (và các nguyên tố bổ sung khác). Do đó, các hàm lượng thấp của Co (thông thường Co < 5%) và/hoặc của Mo (thông thường Mo < 5%) không cho phép đạt được trị số Rm sau khi hoá già lớn hơn 1530MPa. Việc sử dụng các tỷ lệ cao của Co (nằm trong khoảng từ 5 đến 16 %) hoặc của Mo (nằm trong khoảng từ 3 đến 9%) cho phép đạt được các mức cao về các đặc tính cơ học (độ bền kéo, độ bền mỏi...). Khuynh hướng này được xác nhận bởi việc đặc tả các mẫu Inv 39 tới 49 (có hàm lượng Co nằm trong khoảng từ 2 đến 7%), cho thấy rằng việc bổ sung Al, Si hoặc Cr không cho phép bù đắp về Rm với các hàm lượng đã được cập, tức là Co: 1,0 tới 10,0% và Mo = khoảng 5%; độ bền kéo tới hạn Rm sau khi hoá già là 1800MPa không thể vượt quá không phụ thuộc vào việc bổ sung Al tối đa 1%, Si tối đa 0,13%, Ti tối đa 0,1%, hoặc Cr tối đa 0,5%.

Mục đích của sáng chế là điều chỉnh các đặc tính cơ học cho một kim loại nền nhất định thông qua các hàm lượng ban đầu của các nguyên tố Co và Mo được chọn tùy theo tính năng được dự liệu, mà không ảnh hưởng đến các tạp chất và tính năng chịu mỏi của các vật liệu, và với giá thành thấp. Trong nhiều ví dụ của sáng chế, các trị số độ bền kéo Rm lớn hơn 1900MPa sau khi hoá già được dự liệu và đã đạt được, ngoài việc các tạp chất có kích thước được kiểm soát đã định, đặc biệt là đảm bảo tính năng chịu mỏi tốt. Một dự liệu khác liên quan đến

độ bền mỏi và các đặc tính cơ học có thể được xét đến và đạt được với các biến số khác nhau của sáng chế bằng cách điều chỉnh các hàm lượng của các nguyên tố: Co, Mo, W, Cu, V, Nb, Mn, Si, Al, Cr.

Ví dụ, các loại thép Inv 27 tới 38 chứa các lượng tương đối lớn của W và Al có thể có các đặc tính cơ học tốt hơn so với Ref 2 sau khi hoá già với hàm lượng W tốt hơn là lớn hơn 0,8% và hàm lượng Co lớn hơn 10%. Đặc tính này sau khi hoá già tăng khi bổ sung Al hoặc Cr cùng với việc tôi cứng cấu trúc. Thông thường, các điều kiện hoá già giống hệt với các điều kiện hoá già đã áp dụng cho các loại thép Ref 1 và 2 cho phép các trị số Rm lớn hơn 1940MPa cần được tạo ra ở trạng thái đã hoá già đối với các thành phần Inv 37 và Inv 38.

Lưu ý rằng các loại thép Inv 48 và Inv 49 có hàm lượng Ti sát với giới hạn có thể chấp nhận được (0,109%), nó có thể được xem là tương đương với mức làm tròn 0,1% và độ chính xác thông thường của phép phân tích. Chúng không thuộc nhóm các trị số Rm tốt nhất, và Inv 48 có đường kính tương đương tối đa sát với mức có thể chấp nhận được và mật độ tạp chất không tối ưu. Các loại thép này có giới hạn 0,1% đối với Ti phải được xem là vẫn nằm trong phạm vi của sáng chế.

Các loại thép Ref 50 và Ref 51 có hàm lượng S (0,004 và 0,0053%) vượt quá giới hạn có thể chấp nhận được (0,002%). Do đó, các tạp chất của chúng không tối ưu. Ref 50 có đường kính tạp chất tương đương tối đa là 10 μ m, vì vậy nó sát với mức có thể chấp nhận được và mật độ tạp chất là 0,81 tạp chất/mm², là trung bình số tương đối. Ref 51 có các tạp chất nhỏ hơn nhưng với số lượng nhiều hơn. Các trị số Rm của chúng ở trạng thái đã được cán nóng và hoá già nằm trong khoảng từ 1700 đến 1800MPa, là trị số không tối ưu. Và việc hoá giòn các đường hạt do hàm lượng S gây ra là hơi cao làm cho việc gia công nóng khó hơn nhiều so với mong đợi.

Inv 52 và Inv 53 là tương đương với Ref 50 và Ref 51, chỉ khác là hàm lượng S của chúng thấp và phù hợp với sáng chế này. Do đó, Rm của chúng ở trạng thái đã được cán nóng và hoá già phần nào được cải thiện và chúng có độ bền mỏi tốt hơn và khả năng dễ gia công nóng tốt.

Inv 54 và Inv 55 được đặc tả bởi hàm lượng Mo cao của chúng (khoảng 9,9 và 11,8%). Chúng có các đặc tính cơ học rất tốt. Các hàm lượng của C, Al hoặc Cr lớn hơn một chút ở các ví dụ khác của sáng chế cho phép có được tỷ lệ chất lượng/giá thành có thể chấp nhận được cho dù chưa phải là tối ưu. Các ví dụ này minh họa ảnh hưởng của Mo đến các đặc tính cơ học, nhưng chúng chỉ đáp ứng một phần các mục tiêu kinh tế của sáng chế đề ra.

Inv 56 là loại thép có hàm lượng Al cao. Inv 57 có bổ sung Cr, và Inv 58 có bổ sung Cr và Zr với lượng không đáng kể. Các ví dụ này, nhờ các nguyên tố được bổ sung vào đã nêu, có các tính chất được mong muốn mà có thể được tối ưu hoá bằng các hàm lượng được ưu tiên đề nêu trên.

Inv 59 có các hàm lượng cao của Si và Y.

Ref 3 có hàm lượng Al quá cao và do đó có chứa các tạp chất quá lớn và không thể loại bỏ được, và do đó gây bất lợi cho các ứng dụng được dự liệu chịu ứng suất môi.

Ref 4 và Ref 5 chứa quá nhiều S, do đó tạo ra quá nhiều sulfua dẫn đến tạo thêm các vị trí tạo mầm cho các oxit, dẫn đến sự hiện diện của các tạp chất quá lớn trên các sản phẩm được cán nóng.

Ref 6 có hàm lượng Y quá mức dẫn đến việc tạo ra các tạp chất đã được oxy hoá có kích thước quá lớn mà sẽ không thể loại bỏ được bằng cách lắng kim loại lỏng.

Inv 60 có sự hiện diện mạnh mẽ của Ca, và Inv 61 có sự hiện diện mạnh mẽ của Mg. Chúng cho thấy rằng theo sáng chế hai chất khử oxy có thể được sử dụng với lượng không đáng kể được dùng theo khuyến cáo đã biết đối với người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này liên quan đến các tính chất của vật liệu chịu lửa và việc tinh luyện.

Điều đáng lưu ý là các loại thép theo sáng chế ngoài việc tương thích với các điều kiện hoá già cho phép nâng cao các đặc tính cơ học, mà còn có khả năng dễ thực hiện liên quan đến chi phí sử lý và các chi phí liên quan. Độ ổn định của các đặc tính đạt được, đặc biệt là độ cứng, cho phép thực hiện các công đoạn ủ trong khoảng thời gian ngắn (thường là 30 phút) để đạt được các đặc tính giống hệt hoặc tương đương với các đặc tính thu được bằng các xử lý kéo dài 2 tới 5 giờ

đối với các loại thép thông thường. Các phẩm chất về sự đơn giản và tiết kiệm trong các công đoạn xử lý nhiệt là đặc biệt có lợi để đạt mục đích về kinh tế của sáng chế.

Các loại thép mới theo sáng chế có các đặc tính cơ học đáng quan tâm (độ cứng, giới hạn chảy, độ bền đứt, v.v.) có thể được tối ưu hoá cho một số ứng dụng kiểu như có sức chịu mỏi «không giới hạn», được dự liệu chịu được ứng suất mỏi. Do đó, với các điều kiện này để hoá già và nhóm các tạp chất được tối ưu hoá theo sáng chế, thì có thể là nhờ các xử lý bề mặt tiếp sau (thấm nitơ, thấm nitơ-carbon, quá trình thấm carbon, làm cứng bề mặt bằng cách phun...), để có được sự cải thiện về các đặc tính dưới ứng suất chảy động, như độ bền mỏi chẳng hạn.

Cuối cùng, sự cải thiện về các đặc tính của các loại thép theo sáng chế cũng được kiểm tra sau khi xử lý nén bề mặt. Trên các vật liệu có độ dày nhỏ chịu mỏi, các xử lý thấm nitơ được tiến hành trước khi chịu ứng suất để làm chậm sự khởi tạo nứt bề mặt. Xử lý nén này có thể được tiến hành bằng cách làm cứng bề mặt bằng cách phun theo cách đã biết.

Các điều kiện thấm nitơ khác nhau được thử nghiệm đối với các loại thép theo sáng chế, bao gồm các xử lý với nhiệt độ nằm trong khoảng từ 420 đến 480°C trong khoảng thời gian từ 30 đến 90 phút trong môi trường khí (môi trường khí NH₃ đã crackinh).

Sau đó, các lớp đã được thấm nitơ được tạo ra bởi việc khuếch tán nitơ trong các lõi khác nhau, cấu thành các độ dày đặc trưng vài chục μm , được đánh giá bằng cách ăn mòn hoá học hoặc phân tích profin bằng quang phổ phát xạ phát sáng (GDS). Đôi khi, chúng có thể chứa các phần tử kết tủa mịn được phân bố một cách đồng đều mà bản chất hoá học của chúng, nếu cần, có thể điều chỉnh được bằng cách điều chỉnh thành phần của thép và các điều kiện thấm nitơ.

Fig.1 minh hoạ mật độ của các pha tôi cứng được tạo ra trên Inv15 sau khi thấm nitơ ở 420°C trong 30 phút, được đặc tả bởi phép phân tích dưới kính hiển vi điện tử truyền qua lớp mỏng. Các phần tử kết tủa tôi cứng chủ yếu là Mo_xNb_y (với $x = \text{khoảng } 2y$) có sự phân bố đồng nhất và kích thước thay đổi nằm trong khoảng từ 80 đến 400nm. Cũng thấy có một vài cacbua của Nb và Mo, và

các nitrua có kích thước nhỏ hơn có các thông số đặc trưng về hệ số tỷ lượng và mạng tinh thể.

Nằm trong khoảng nhiệt độ và khoảng thời gian được khảo sát, các loại thép theo sáng chế có các đặc tính bề mặt gia tăng sau khi thấm nitơ. Bảng 6 minh họa bằng cách ví dụ các mức độ cứng được đánh giá bằng cách khía vi rãnh trong các điều kiện giống hệt nhau (giá trị trung bình của ba lần đo bề mặt Hv 0,1). Các điều kiện thấm nitơ khác nhau được khảo sát trong xử lý thấm nitơ NH_3 đã crackinh; các điều kiện này cũng có thể được làm thích ứng để thấm nitơ dạng ion, thấm nitơ-carbon hoặc xử lý theo cách khác để tạo ra các tính chất cụ thể.

Bảng 6: Các trị số độ cứng Hv0-1 trung bình được đánh giá bằng cách vi khía bề mặt bề mặt ngoài cùng trong các điều kiện thấm nitơ khác nhau

	420°C			450°C			480°C			510°C
	30 phút	60 phút	90 phút	30 phút	60 phút	90 phút	30 phút	60 phút	90 phút	30 phút
Ref 1	623	949	613	794	911	943	820	930	890	792
Ref 2	775	730		923	843		900			680
Ref 51	325	320		488	285		355			613
Inv 1	643	643		698	808		790			403
Inv 6	623	735		815	608		623			575
Inv 7	578	370		588	620		940			787
Inv 8	1033	475		778	638		920			747
Inv 9	803	875		623	670		485			762
Inv 10	705	888		530	810		805			475
Inv 11	803	658		665	885		755			777
Inv 13	325	870	910	995	835	1025	1030	900	908	
Inv 14	853	1070		730	593		875			743
Inv 15	810	790		568	543		665			713
Inv 16	523	590		580	490		473			598
Inv 18	750	1280	635	1018	885	653	1088	815	890	
Inv 21	558	548		405	815		823			837
Inv 24	380	1160	305	1030	320	543	380	908	625	
Inv 38	220	215			275					280
Ref 3	748			882			1019			1048

Cần hiểu rằng các sai số đo của các thử nghiệm này là đáng kể, như trong trường hợp khi các thử nghiệm được tiến hành trên các mẫu có các bề mặt nhám và các lượng vết hàn cục bộ. Do đó cần phải đánh giá các kết quả nêu trong bảng 7 một cách tổng thể nói chung.

Do đó, ngoài việc có các đặc tính cơ học mỹ mãn, kiểm soát được chi phí vật liệu và kiểm soát được nhóm các tạp chất, các mẫu theo sáng chế có khả năng thấm nitơ dẫn đến có độ cứng bề mặt và độ bền chịu ma sát cao hơn so với các mẫu đối chứng 1 và 2. Do vậy, có thể dễ dàng dự đoán được các mức độ cứng bề mặt biên giống như các mẫu đối chứng 1 và 2 (ví dụ, $Hv_{0,1} > 900$) và thậm chí đối với số loại thép theo sáng chế, các hạt có độ cứng bề mặt biên lớn hơn 50 $Hv_{0,1}$ cùng với việc giảm thời gian thấm nitơ. Do đó, độ cứng bề mặt biên có thể được kỳ vọng để đạt tới mức lớn hơn 1000 $Hv_{0,1}$ (thậm chí là 1050 $Hv_{0,1}$) đối với các thép theo sáng chế, dưới các điều kiện thấm nitơ thích hợp và thỏa đáng và không đòi hỏi một cách đặc biệt.

Tuy nhiên, đối với một số ứng dụng chịu ứng suất mỏi, bề mặt không nên có độ cứng quá cao (độ cứng $Hv_{0,1}$) so với lõi đã hoá già của vật liệu (độ cứng Hv_{10}) nhằm tránh hoá giòn bề mặt bên trong hoặc bề mặt biên. Nhằm mục đích này, các profin nitơ với sự khuếch tán đều theo chiều sâu của vật liệu được ưu tiên là các profin khuếch tán sắc nhọn dẫn đến sự có mặt của các vùng kết tủa không đồng nhất, lớn trên bề mặt. Trong thép, các vùng này còn được biết dưới dạng «các lớp hỗn hợp», và được hình thành, ví dụ, từ các sắt nitrua giòn rất cứng. Trong bản mô tả này, sự có mặt của các điều kiện thấm nitơ dạng khí được xác nhận đối với các mẫu theo sáng chế cho phép ngăn chặn sự hình thành của các sắt nitrua trên bề mặt biên đồng thời duy trì các ứng suất bề mặt đủ để làm chậm sự khởi phát nứt khi sử dụng (trong các vùng có độ cứng bề mặt được dự liệu).

Các trị số độ cứng tối đa và tối thiểu đạt được trên bề mặt biên (độ cứng $Hv_{0,1}$) với các điều kiện thấm nitơ khác nhau (nhiệt độ, thời gian) được thể hiện trên Fig.2. Có thể thấy rằng các mức độ cứng bề mặt biên lớn hơn 900 $Hv_{0,1}$ có thể đạt được cho từng nhóm nguyên tố tôi cứng chính có mặt theo sáng chế. Do đó, có thể đạt được các đặc bề mặt chịu mỏi ít nhất là tương đương với các đặc tính của các mẫu đối chứng đã nêu.

Điều tin chắc là các loại thép có Mn hoặc Cu được tạo ra trên dụng cụ công nghiệp cũng với việc bổ sung định lượng Cr có thể có làm tăng độ cứng bề mặt biên sau khi thấm nitơ so với các loại thép theo sáng chế không có Cr, và

được kỳ vọng là có hiệu quả tương tự bằng cách bổ sung các tỷ lệ xác định của Al cùng với nguyên tố tôi cứng (như Ta, xem Inv 8).

Do đó, với lượng Co và Mo đủ để đạt được các đặc tính cơ học được dự liệu được mô tả chi tiết ở dưới, sáng chế minh hoạ khả năng có thể đạt được các mức độ cứng bề mặt biên lớn hơn 900 HV_{0,1} cho mỗi nhóm thép, trên cơ sở sau:

- các trị số thấp hơn 900 Hv_{0,1} đã quan sát được đối với các loại thép chứa vanadi khi hàm lượng của các nguyên tố tôi cứng thấp hơn 0,5%; lớn hơn trị số này các trị số độ cứng cao được mong đợi trên bề mặt biên;
- đối với các loại thép có tantali theo sáng chế (Inv 6 tới 8 trong bảng 7) các trị số độ cứng lớn hơn 940 Hv_{0,1} đạt được trên các bề mặt biên do việc bổ sung 3% Ta (cùng với việc điều chỉnh các điều kiện thấm nitơ);
- các loại thép có Cu cũng có các mức độ cứng cao (và ứng suất tồn dư) trên bề mặt biên nhờ việc bổ sung 2% nguyên tố tôi cứng và với sự có mặt của Cr và Mn (Inv 13); các nguyên tố này thúc đẩy khả năng hoà tan trên bề mặt;
- các loại thép theo sáng chế 14 tới 18, mặt khác, với các hàm lượng vanadi thấp hơn 2% vẫn đạt các mức độ cứng mỹ mãn trên bề mặt biên (không có lớp hỗn hợp);
- các loại thép có Mn có sự cân bằng tốt về các đặc tính cơ học/nhóm tạp chất có mức độ cứng cao trên bề mặt biên với sự có mặt của Cr (Inv 24);
- các thử nghiệm với các loại thép có W và Al (Inv 38 và Ref 51) chưa từng được xác định các điều kiện thấm nitơ để cho phép đạt được các mức độ cứng cao trên bề mặt biên.

Cuối cùng, điều đã được xác nhận là các trị số độ cứng bề mặt cao dễ bị ảnh hưởng này có liên quan đến việc kiểm soát ứng suất tồn dư (được đo bằng nhiễu xạ tia X) khiến cho bề mặt có thể chịu nén lên nhân, và nhờ vậy làm chậm sự khởi phát nứt bề mặt.

Fig.3 thể hiện sự đánh giá định tính ứng suất nén tồn dư trên bề mặt của các tấm đã được cán và thấm nitơ, cho các mẫu Ref 1, Ref 2, và các mẫu khác nhau của sáng chế. Đối với mỗi mẫu, hình vẽ này thể hiện dưới dạng đồ thị các trị số tối thiểu và tối đa của ứng suất nén được đánh giá cho toàn bộ các thử nghiệm được tiến hành với nhiệt độ và thời gian thấm nitơ khác nhau. Việc đánh giá ứng

suất tồn dư trong các lớp đã được thấm nitơ được tiến hành ở bề mặt của các mẫu bởi phép nhiễu xạ tia X với các thông số sau: Chi thay đổi từ 0 tới 51° , khoảng đo 1 giây, $\sin^2$ (psi) từ 0 tới 0,6 với số gia 0,1. Các trị số đạt được dưới các điều kiện này có thể xác định được bằng cách thay đổi vị trí đường Fe dưới ứng suất trên bề mặt vật liệu. Đã thấy là ứng suất tồn dư của các mẫu của sáng chế không bị suy giảm một cách đáng kể so với các ứng suất tồn dư trên các mẫu đối chứng 1.

Thông qua việc áp dụng sáng chế, cũng dễ dàng hơn trong việc kiểm soát thành phần của lớp đã được thấm nitơ và, nhờ đó, dễ thích ứng với các đòi hỏi cụ thể của ứng dụng được dự liệu cho sản phẩm trong tương lai. Khi vấn đề này được ưu tiên, thì có thể tránh được sự có mặt của bề mặt biên của các pha thường được biết dưới dạng "các lớp hỗn hợp" trong các lớp đã được thấm nitơ. Các pha này là kết quả của sự kết tủa các sắt nitrua có dạng như vậy như Fe_4N , Fe_2N , $\text{Fe}_2\text{N}_{1-x}$.

Việc đặc tả các lớp đã được thấm nitơ của một số các mẫu (của các mẫu đối chứng Ref 1 và của các mẫu theo sáng chế Inv 13, Inv 18, Inv 21 và Inv 24) được hoàn tất bằng cách thực hiện các thử nghiệm đã biết là «thử nghiệm khía», có nguồn gốc từ «thử nghiệm đo độ cứng» và sự khác nhau của chúng thông qua việc tác động tải trọng thấp.

Đối với các thử nghiệm này, đầu dạng côn cầu được đâm xuyên qua hệ lớp đã được thấm nitơ/đế, như đầu kim cương đối với các thử nghiệm độ cứng Rockwell C (góc 120° , bán kính cong của đầu đâm là $100\mu\text{m}$), tác động tốc độ dịch chuyển không đổi dưới sự gia tăng tải trọng ở đầu đâm.

Sự xuống cấp của lớp phủ khi tác động tải trọng là do sự tác động kết hợp của ứng suất đàn hồi và/hoặc ép nhựa, ứng suất ma sát và ứng suất tồn dư bên trong của vật liệu.

Dưới tải trọng thấp, các ứng suất này có thể nguyên nhân gây ra nứt do kéo hoặc do nén của bề mặt lớp phủ, mà vẫn tiếp tục dính vào đế.

Thử nghiệm tạo xước là một thử nghiệm so sánh cho phép dò sóng sóng âm lan truyền trên các vết vi nứt, nêu có, trong vật liệu, phát hiện độ sâu của dụng cụ đâm ép (so với bề mặt thực sự phẳng ban đầu) và cho phép đánh giá độ sâu tồn dư của lớp phủ trên trên đường đâm xuyên khi thử nghiệm. Việc đánh giá độ sâu

tồn dư này cho phép đánh giá sự hồi phục đàn hồi của hệ lớp phủ/nền hoặc hệ bề mặt/nền sau khi tác động tải trong thấp tăng dần.

Trên mỗi hệ thử này, ba lần đo liên tiếp được thực hiện trên bề mặt của các mẫu đã được thấm nitơ, cách nhau 1mm, bằng cách tác động tải trọng gia tăng từ 0,03 lên 10N trên bề mặt đã được thấm nitơ dày 10mm.

Mặc dù, đối với các mẫu khác nhau của sáng chế, các kết quả thu được hầu như không khác nhau về lực pháp tuyến, hoặc các độ sâu lõm, song một vài đặc tính của các lớp đã được thấm nitơ theo sáng chế vẫn có sự khác biệt.

Ví dụ, Fig.4 minh họa sự hồi phục đàn hồi của hệ lớp đã được thấm nitơ/nền sau thử nghiệm tạo xước thông qua sự khác biệt tương đối giữa các độ sâu lõm (đường cong giảm nhanh đáng kể) và các độ sâu tồn dư sau thử nghiệm tạo xước trên các mẫu đã được thấm nitơ Inv. 21 và Inv. 24 (chúng lần lượt được xử lý ở 480 và 450°C trong 30 phút trong môi trường khí).

Inv 21 là một ví dụ chứa Mn (1,970%) trong đó hàm lượng Cr (0,007%) chỉ duy nhất các kết quả về các tạp chất có trong các nguyên liệu được sử dụng. Inv 24 là một ví dụ chứa 1,930% Mn, hàm lượng này cũng tương đương với hàm lượng của Inv 21, nhưng khác về hàm lượng Cr là 0,902%, do đó tương ứng với việc bổ sung rất đáng kể Cr. Hai mẫu này cho các kết quả tương đương về các độ sâu lõm trong giai đoạn nén của thử nghiệm tạo xước, nhưng đường cong cho Inv 21 là không đều hơn so với đường cong cho Inv 24.

Fig.5 minh họa các kết quả có liên quan đến sự bức xạ âm thanh trong thử nghiệm tạo xước trên hai mẫu này đã được thấm nitơ như nhau Inv 21 và Inv 24. Trong trường hợp, có sự khác biệt đáng kể hơn, sự bức xạ của Inv 21 là nhiều hơn so với sự bức xạ của Inv 24.

Do đó, việc bổ sung Mn kết hợp với việc bổ sung Cr thể hiện nhiều tạp ít ở các độ sâu được đánh giá, kèm theo với việc giảm đáng kể về sự bức xạ âm thanh của mẫu đã được thấm nitơ Inv. 24 (Fig.5).

Tính năng như vậy cũng được thấy ở các loại thép khác theo sáng chế chứa Cr.

Do đó với sự có mặt đáng kể của Cr làm giảm khả năng nứt của các lớp đã được thấm nitơ của các loại thép theo sáng chế dưới tác động tải trong thấp (<

10N), cụ thể là trường hợp cho các bộ phận chịu ứng suất mỏi chịu chà xát, ép hoặc ma sát khi sử dụng.

Tương tự, Fig.6 minh hoạ đặc tính đàn hồi của hệ lớp đã được thấm nitơ/nền sau thử nghiệm tạo xước trên các mẫu đã được thấm nitơ Inv. 13, Inv. 18, Inv. 21 và Inv. 24, so sánh với mẫu Ref 1 (các đường cong trung bình trên ba lần thử nghiệm được thực hiện cho mỗi mẫu, được xử lý trong môi trường khí lặn lượn ở 480°C-30 phút đối với Inv. 13, Inv 18, Inv 21 và Ref 1, và ở 450°C-30 phút đối với Inv 24). Độ lệch của các đường so với trục X của các đường cong độ sâu tồn dư minh hoạ sự biến dạng dẻo tồn dư sau khi thử nghiệm.

Fig.6 thể hiện tính năng đàn hồi cao của các lớp đã được thấm nitơ của các mẫu theo sáng chế, khi so với các lớp đã được thấm nitơ được tạo ra trên Ref 1. Sự hồi phục đàn hồi được đánh giá bởi sự chênh lệch giữa các độ sâu lõm và các độ sâu tồn dư tăng đáng kể đối với các mẫu chứa Cu (Inv 13 còn chứa Cr) hoặc Nb (Inv 18). Có sự khác nhau về độ cao sâu khoảng 15µm đối với các mẫu và 13µm đối với các loại thép có Mn (Inv. 21) và Mn + Cr (Inv 24 còn chứa một phần Si), do đó cao gấp hai lần so với Ref 1 không chứa các nguyên tố hợp kim này và có hàm lượng Co (16,50%) lớn hơn hàm lượng Co ở các mẫu theo sáng chế được thử nghiệm (khoảng 13%). Hàm lượng Mo nằm trong khoảng từ 5,0 đến 5,30% đối với tất cả các mẫu này.

Ngoài ra, các độ sâu tồn dư được đánh giá là nhỏ đối với các mẫu theo sáng chế Inv 13, Inv 18, Inv 21, Inv 24, và cao hơn một chút so với Ref 1.

Tính năng này là một dấu hiệu hồi phục đàn hồi của các lớp đã được thấm nitơ theo sáng chế, nó là một dấu hiệu chủ yếu cho các ứng dụng trong đó có các bộ phận chịu mỏi, do nó cho phép làm giảm sự biến dạng đàn hồi của hệ nền/lớp đã được thấm nitơ, và nhờ đó làm giảm sự chà xát và ma sát sinh ra trong một số ứng dụng do sự biến dạng đàn hồi của các bộ phận đòi hỏi phải có kích thước chính xác.

Do đó, đối với các ứng dụng làm các đai của bộ truyền động kiểu CVT, được cấu thành từ các vòng chồng lên nhau của thép mactensit hoá già đã được cán nguội, và chịu uốn và mỏi kéo do mô men xoắn của động cơ, khe hở giữa mỗi vòng đảm bảo sự bôi trơn của bộ phận và không chịu biến dạng đàn hồi có thể

làm hỏng các các vòng này dưới ứng suất tuần hoàn. Sau mỗi chu kỳ ứng suất, các vật liệu đã được thấm nitơ theo sáng chế ít bị biến dạng đàn hồi, và không dẫn đến sự biến dạng đàn hồi tích tụ của các bộ phận này theo thời gian, mà về lâu dài có thể làm giảm thời hạn sử dụng đối với các vật liệu đã được thấm nitơ đối chứng.

Fig.6 thể hiện sự biến dạng dẻo lớn dưới tải trọng thấp, 10 N, của các lớp đã được thấm nitơ có nguồn gốc từ Ref 1 khi so với biến dạng dẻo ở các mẫu theo sáng chế. Điều này được chứng tỏ bởi độ lệch so với trục ngang 0 của các đường cong khác nhau của các độ sâu lõm tồn dư.

Ref 1 dường như biến dạng ít hơn các loại thép theo sáng chế ở thử nghiệm tạo xước (như được thể hiện bởi các độ sâu lõm tương ứng của chúng) tuy nhiên các cơ chế biến dạng có liên quan là hoàn toàn không giống nhau, và các ứng suất tồn dư sau khi tác động tải trọng không tạo ra các hiệu ứng như nhau. Ví dụ, trong khi biến dạng sinh ra ở mẫu Ref 1 trong thử nghiệm này dường như là nhỏ hơn (từ độ sâu lõm được đánh giá), thì các kết quả của nó sau khi thử nghiệm chứng tỏ thành phần dẻo hoá tăng so với các mẫu theo sáng chế, gây bất lợi cho các ứng dụng chủ yếu được dự liệu bởi sáng chế.

Các độ sâu lõm được quan sát trên các mẫu theo sáng chế chứng tỏ tính đàn hồi đáng kể, không giống như Ref 1 có tính hồi phục đàn hồi kém dưới tải trọng thấp.

Các tiêu chí về tính năng của bề mặt đã được thấm nitơ, liên quan đến việc kiểm soát nhóm tạp chất và các đặc tính cơ học vốn có trong thành phần của thép, chưa được chứng minh bởi các nghiên cứu trước đây được thực hiện trên các thép mactensit hoá già nói chung thuộc loại theo sáng chế, đặc biệt là với mục đích sử dụng làm đai truyền động kiểu CVT.

Nhìn chung, các thép theo sáng chế dưới các điều kiện thấm nitơ khác nhau, đã được nâng cao về các khía cạnh kinh tế và tính năng sử dụng so với các thép đối chứng theo các giải pháp kỹ thuật đã biết, khiến cho lớp thấm nitơ dễ dàng kiểm soát được:

- về thành phần của nó, đặc biệt liên quan đến sự có mặt hay không có mặt của các lớp hỗn hợp;
- về độ dày của nó;

- về các mức độ cứng dễ bị ảnh hưởng dưới các điều kiện thấm nitơ nhất định;
- về sự phân bố về độ dày của lớp thấm nitơ, pha kết tủa, tính chất và sự phân bố của chúng, cũng như mức độ cứng, ứng suất tồn dư;
- làm giảm (thực tế bằng không) biến dạng đàn hồi do các lớp đã được thấm nitơ gây ra, dưới ứng suất tải trọng thấp;
- về sự dễ dàng và tính kinh tế của các điều kiện thực hiện công nghiệp của quy trình thấm nitơ, các tính chất tương đương đạt được so với các loại thép đối chứng, không phụ thuộc vào quy trình thấm nitơ được tiến hành bởi plasma, hay đặc biệt là bởi quy trình khí.

Các ứng dụng được ưu tiên theo sáng chế cụ thể là:

- cho các sản phẩm có nguồn gốc từ các sản phẩm bán tinh chế đã được cán nóng hoặc đã được tạo hình nóng, trục tuabin hoặc chi tiết của bộ phận truyền động nói chung; và cả các cánh của các thiết bị quay tròn (tuabin gió, máy quay ly tâm v.v.);
- cho các sản phẩm có nguồn gốc từ các tấm hoặc dải cán nguội, các chi tiết của các đai truyền động cho phương tiện có động cơ hoặc các máy móc kiểu quay như các máy công cụ, đặc biệt là các đai của bộ truyền động tự động kiểu CVT cho các phương tiện có động cơ.

Yêu cầu bảo hộ

1. Thép, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng sau:

$$10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%;$$

$$14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%;$$

$$21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Al} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Ti} \leq 0,1\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{N} \leq 0,010\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Si} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Mn} \leq 13,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{C} \leq 0,03\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{S} \leq 0,0020\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{P} \leq 0,005\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{B} \leq 0,01\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{H} \leq 0,0005\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{O} \leq 0,03\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Cr} \leq 5,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Cu} \leq 4\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{W} \leq 6,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Zr} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Ca} \leq 0,1\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Mg} \leq 0,8\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Nb} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{V} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Ta} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết} \leq \text{Y} \leq 4,0\%;$$

phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra;

và các tạp chất, khi được quan sát bằng cách phân tích hình ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650 mm² nếu thép này ở dạng chi tiết đã được gia công nóng hoặc tấm đã được cán nóng, và có diện tích 800 mm² nếu thép này ở dạng tấm được cán nguội, không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn 10 µm.

2. Phương pháp sản xuất sản phẩm thép, trong đó:

điện cực tinh luyện được chế tạo bằng thép có thành phần theo điểm 1;

điện cực này được tinh luyện bằng cách sử dụng quy trình tinh luyện một hoặc nhiều lần để tạo ra điện cực đã được tinh luyện;

điện cực đã được tinh luyện này được gia công nóng ít nhất một lần ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1050 đến 1300°C, để tạo ra tấm đã được gia công nóng hoặc dải đã được gia công nóng;

và tùy ý, tấm đã được gia công nóng hoặc dải đã được gia công nóng được xử lý nhiệt.

3. Phương pháp theo điểm 2, trong đó tấm đã được gia công nóng hoặc dải đã được gia công nóng tiếp đó được cán nguội một hoặc nhiều lần để tạo ra tấm hoặc dải có độ dày 2 mm hoặc nhỏ hơn.

4. Phương pháp theo điểm 3, trong đó tấm hoặc dải được xử lý nóng ít nhất một lần giữa hai lần cán nguội và/hoặc sau lần cán nguội cuối cùng.

5. Phương pháp theo điểm 3, trong đó lượng tích lũy cán nguội của các lần cán khác nhau ít nhất là 30%.

6. Phương pháp theo điểm 2, trong đó tấm hoặc dải đã được gia công nóng, tùy ý đã được xử lý nhiệt, có độ cứng Vickers là 285 Hv10 hoặc lớn hơn, độ cứng này được đo dọc theo mặt cắt của chi tiết hoặc tấm đã được gia công nóng.

7. Phương pháp theo điểm 2, trong đó tấm hoặc dải đã được gia công nóng hoặc nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, có cấu trúc mactensit chiếm ít nhất 70%, độ bền kéo là 2030 MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000 MPa hoặc lớn hơn và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn.
8. Phương pháp theo điểm 2, trong đó tấm hoặc dải đã được gia công nóng hoặc nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, đã được cắt và tùy ý, đã được tạo hình.
9. Phương pháp theo điểm 8, trong đó tấm hoặc dải đã được gia công nóng hoặc nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, đã được cắt và tùy ý, đã được tạo hình, được xử lý tôi cứng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 600°C trong khoảng thời gian 30 phút đến 5 giờ.
10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó tấm hoặc dải đã được xử lý nhiệt tùy ý, đã được cắt và tùy ý, đã được tạo hình, sau khi tôi cứng, được xử lý bề mặt để cải thiện sức chịu tải động của nó.
11. Phương pháp theo điểm 10, trong đó việc xử lý bề mặt là quá trình thấm cacbon, hoặc thấm nitơ dạng khí, hoặc thấm nitơ dạng ion, hoặc thấm nitơ-cacbon hoặc làm cứng bề mặt bằng cách phun.
12. Phương pháp theo điểm 2, trong đó cỡ hạt của tấm hoặc dải đã được cán nóng, tùy ý đã được xử lý nhiệt, hoặc của tấm hoặc dải đã được cán nguội, tùy ý đã được xử lý nhiệt, là 5 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn.
13. Sản phẩm thép đã được gia công nóng và tùy ý đã được xử lý nhiệt, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng sau:
- $$10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%;$$
- $$1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%;$$
- $$1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%;$$
- $$14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%;$$

$21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%$;

lượng vết $\leq \text{Al} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$;

lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$;

lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$;

lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$;

lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$;

lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$;

lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$;

lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$;

lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$;

lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4\%$;

lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$;

lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$;

lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4,0\%$;

phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra;

và các tạp chất, khi được quan sát bằng cách phân tích hình ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 650 mm^2 của chi tiết đã được gia công nóng hoặc của tấm đã được cán nóng, không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10 \text{ }\mu\text{m}$.

14. Sản phẩm thép theo điểm 13, trong đó nó có cấu trúc mactensit chiếm ít nhất 70%, độ bền kéo là 2030 MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000 MPa hoặc lớn hơn và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn, và độ cứng Vickers là

285 Hv10 hoặc lớn hơn, độ cứng này được đo dọc theo mặt cắt của sản phẩm đã được gia công nóng.

15. Sản phẩm thép theo điểm 13, trong đó nó có độ bền kéo là 2030 MPa hoặc lớn hơn, giới hạn chảy quy ước là 2000 MPa hoặc lớn hơn, và mức giãn nở dài đều là 1% hoặc lớn hơn.

16. Sản phẩm thép theo điểm 13, trong đó sản phẩm này có thể được xử lý bề mặt để cải thiện sức chịu tải động của nó.

17. Sản phẩm thép theo điểm 16, trong đó việc xử lý bề mặt được chọn trong số các quá trình thấm cacbon, thấm nitơ dạng khí, thấm nitơ dạng ion, thấm nitơ-cacbon và làm cứng bề mặt bằng cách phun.

18. Trục tua bin, trong đó trục này có ít nhất một chi tiết được làm từ sản phẩm thép theo điểm 13.

19. Bộ phận truyền động đã được gia công nóng, trong đó bộ phận này có ít nhất một chi tiết được làm từ sản phẩm thép theo điểm 13.

20. Sản phẩm thép theo điểm 13, trong đó cỡ hạt của sản phẩm là 5 theo tiêu chuẩn ASTM hoặc mịn hơn.

21. Tấm đã được cán nguội làm từ thép, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng sau:

$$10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%;$$

$$14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%;$$

$$21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%;$$

$$\text{lượng vết Al} \leq 4,0\%;$$

lượng vết $\leq \text{Ti} \leq 0,1\%$;

lượng vết $\leq \text{N} \leq 0,010\%$;

lượng vết $\leq \text{Si} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Mn} \leq 13,0\%$;

lượng vết $\leq \text{C} \leq 0,03\%$;

lượng vết $\leq \text{S} \leq 0,0020\%$;

lượng vết $\leq \text{P} \leq 0,005\%$;

lượng vết $\leq \text{B} \leq 0,01\%$;

lượng vết $\leq \text{H} \leq 0,0005\%$;

lượng vết $\leq \text{O} \leq 0,03\%$;

lượng vết $\leq \text{Cr} \leq 5,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Cu} \leq 4\%$;

lượng vết $\leq \text{W} \leq 6,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Zr} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Ca} \leq 0,1\%$;

lượng vết $\leq \text{Mg} \leq 0,8\%$;

lượng vết $\leq \text{Nb} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{V} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Ta} \leq 4,0\%$;

lượng vết $\leq \text{Y} \leq 4,0\%$;

phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra;

và các tạp chất, khi được quan sát bằng cách phân tích hình ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 800 mm^2 , không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10 \mu\text{m}$.

22. Tấm đã được cán nguội làm từ thép theo điểm 21, trong đó nó được xử lý nhiệt ít nhất một lần sau khi cán nguội để tôi cứng vật liệu.

23. Đai truyền động, trong đó đai này có ít nhất một chi tiết được làm từ tấm đã được cán nguội làm từ thép theo điểm 21, hoặc từ sản phẩm thu được từ tấm này.

24. Đai truyền động theo điểm 23, trong đó đai này là đai truyền động kiểu biến thiên liên tục dùng cho xe có động cơ.

25. Dải đã được cán nguội làm từ thép, có thành phần tính theo phần trăm khối lượng sau:

$$10,0\% \leq \text{Ni} \leq 24,5\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Mo} \leq 12,0\%;$$

$$1,0\% \leq \text{Co} \leq 18,0\%;$$

$$14,0\% \leq \text{Mo} + \text{Co} + \text{Si} + \text{Mn} + \text{Cu} + \text{W} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Zr} + \text{Y} + \text{Ta} + \text{Cr} + \text{C} + \text{Al} + \text{B} + \text{Ti} + \text{N} \leq 29,0\%;$$

$$21,5\% \leq \text{Ni} + \text{Co} + \text{Mo} \leq 47,5\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Al} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Ti} \leq 0,1\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{N} \leq 0,010\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Si} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Mn} \leq 13,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{C} \leq 0,03\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{S} \leq 0,0020\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{P} \leq 0,005\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{B} \leq 0,01\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{H} \leq 0,0005\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{O} \leq 0,03\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Cr} \leq 5,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Cu} \leq 4\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{W} \leq 6,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Zr} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Ca} \leq 0,1\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Mg} \leq 0,8\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Nb} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{V} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Ta} \leq 4,0\%;$$

$$\text{lượng vết } \leq \text{Y} \leq 4,0\%;$$

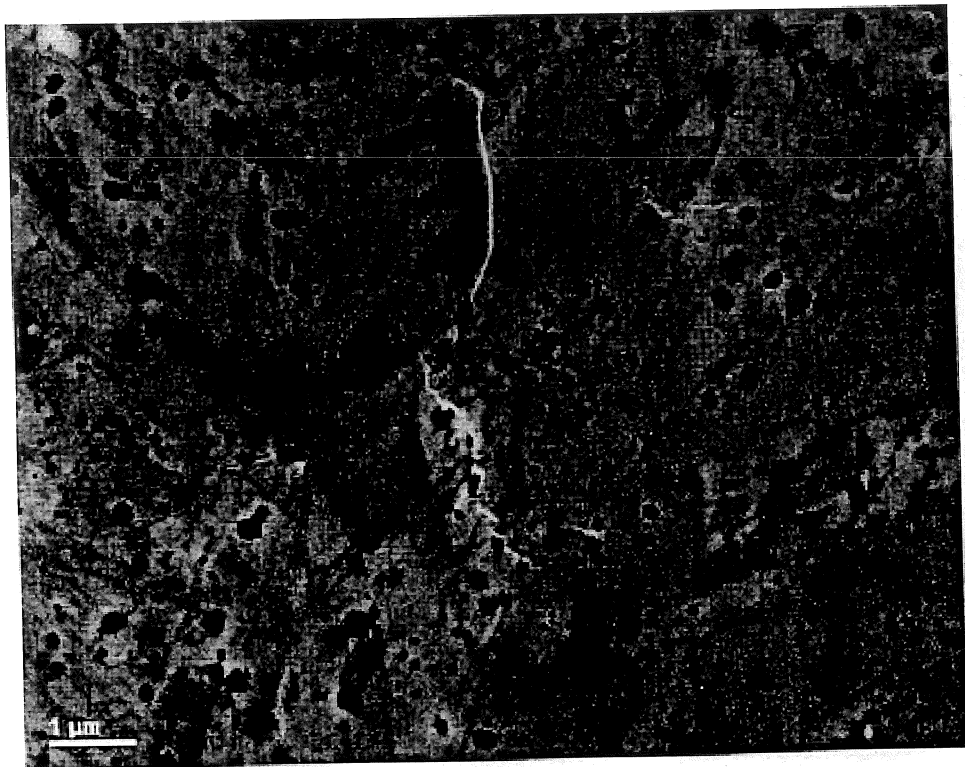
phần còn lại là sắt và các tạp chất do quy trình sản xuất tạo ra; và các tạp chất, khi được quan sát bằng cách phân tích hình ảnh trên bề mặt đã được đánh bóng có diện tích 800 mm^2 , không có các tạp chất phi kim loại có đường kính tương đương lớn hơn $10 \mu\text{m}$.

26. Dải đã được cán nguội làm từ thép theo điểm 25, trong đó nó được xử lý nhiệt ít nhất một lần sau khi cán nguội để tôi cứng vật liệu.

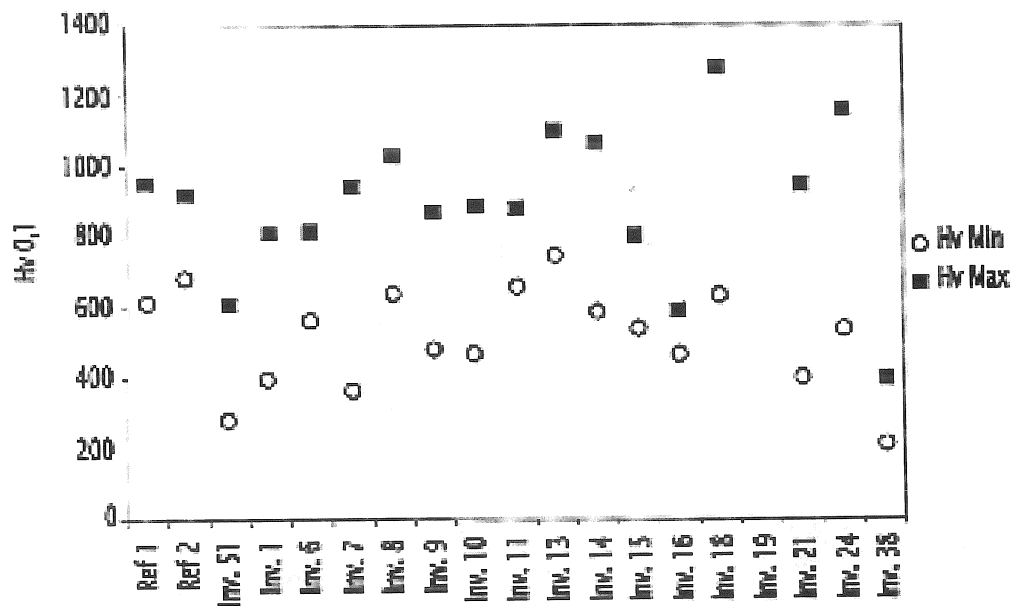
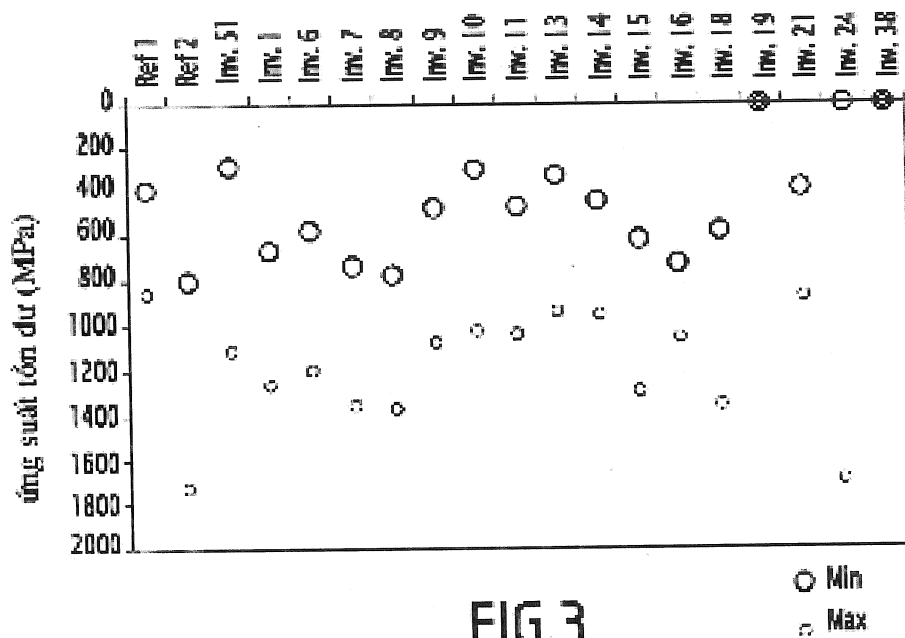
27. Đai truyền động, trong đó đai này có ít nhất một chi tiết được làm từ dải đã được cán nguội làm từ thép theo điểm 26, hoặc sản phẩm thu được từ dải này.

28. Đai truyền động theo điểm 27, trong đó đai này là đai truyền động kiểu biến thiên liên tục dùng cho xe có động cơ.

1/4

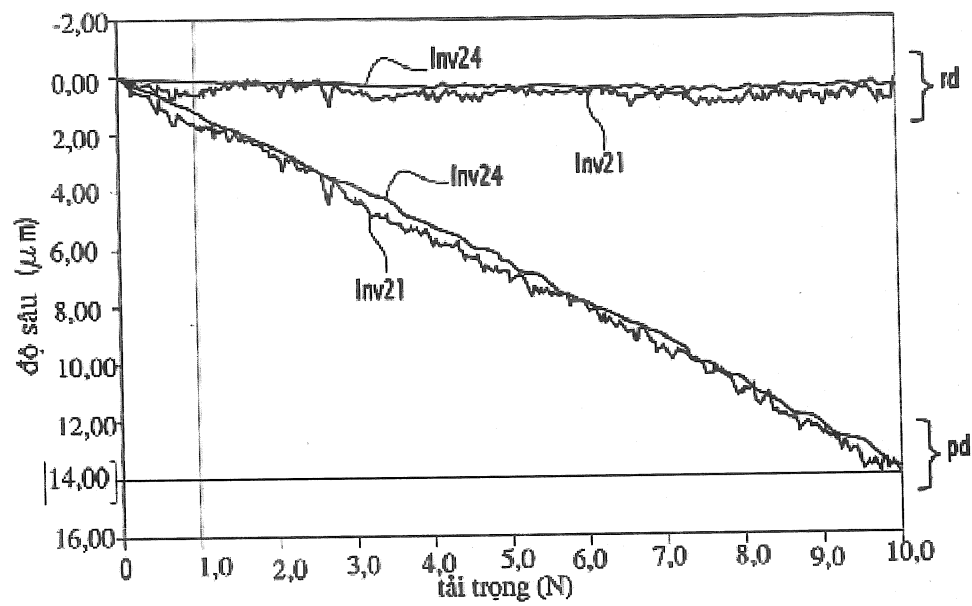
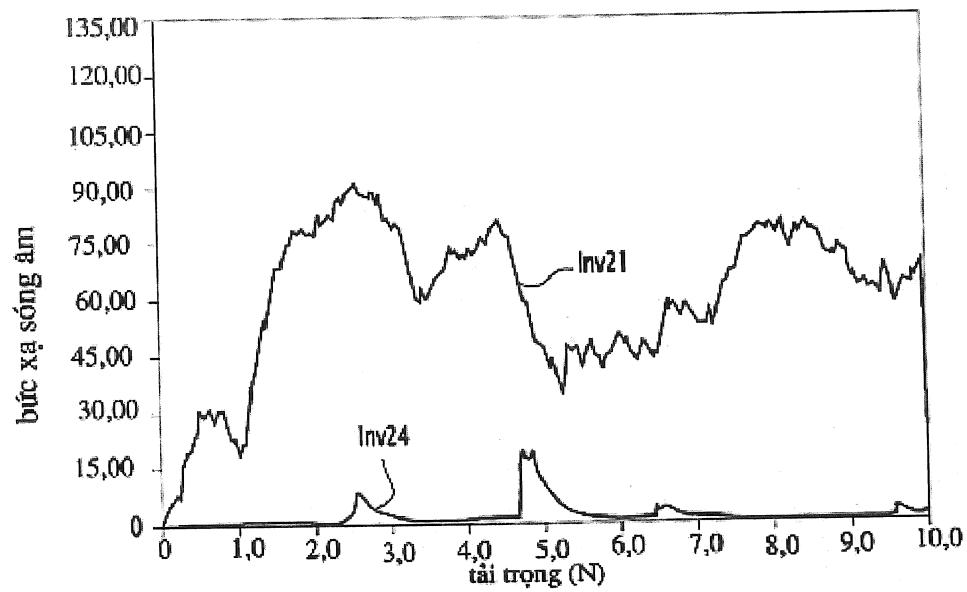
FIG.1

2/4

FIG.2FIG.3

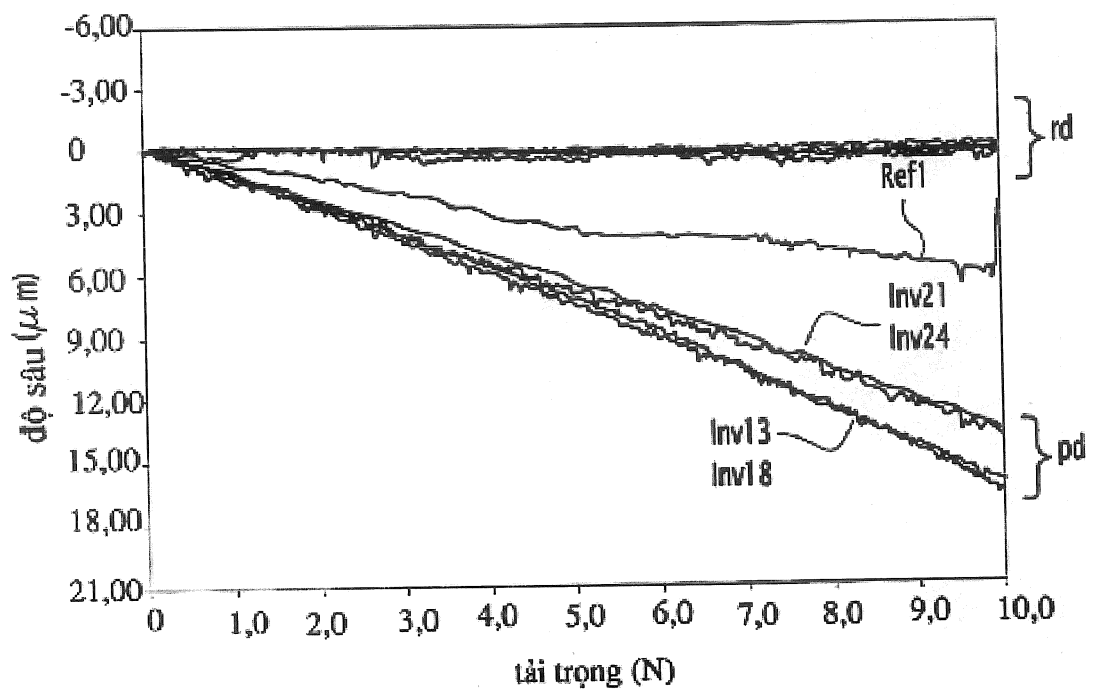
Inv: theo súng chữ
Ref: đối chứng

3/4

FIG.4FIG.5

Inv: theo sáng chế
Ref: đối chứng

4/4

**FIG.6**

Inv: theo sáng chế
Ref: đối chứng