



(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)



1-0040231

(51)⁷ C21D 8/02; C22C 38/00; C22C 38/06; (13) B
C22C 38/38; C22C 38/26; C22C 38/28;
C22C 38/34; C21D 1/19; C22C 38/24

(21) 1-2019-03968

(22) 19/12/2017

(86) PCT/IB2017/058119 19/12/2017

(87) WO2018/116155 28/06/2018

(30) PCT/IB2016/057903 21/12/2016 IB

(45) 25/06/2024 435

(43) 25/09/2019 378A

(73) ARCELORMITTAL (LU)

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

(72) PIPARD, Jean-Marc (FR); THENOT, Marc Olivier (FR); TARGY, Pierre (FR).

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

(54) PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP CÁN NGUỘI

(57) Sáng chế đề cập tấm thép đã được cán nguội có thành phần khối lượng như sau;

$0,19\% \leq \text{cacbon} \leq 0,24\%$,

$1,9\% \leq \text{mangan} \leq 2,2\%$,

$1,4\% \leq \text{silic} \leq 1,6\%$,

$0,01\% \leq \text{nhôm} \leq 0,06\%$,

$0,2\% \leq \text{crom} \leq 0,5\%$,

$\text{phospho} \leq 0,02\%$,

$\text{lưu huỳnh} \leq 0,003\%$,

và tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố sau:

$0,0010\% \leq \text{niobi} \leq 0,06\%$,

$0,001\% \leq \text{titan} \leq 0,08\%$,

$0,001\% \leq \text{vanađi} \leq 0,1\%$,

$0,001\% \leq \text{canxi} \leq 0,005\%$

và phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi, tấm thép này có vi cấu trúc bao gồm 5% đến 15% martensit đã ram, 10% đến 15% austenit dư và tùy ý tối đa 5% ferit tính theo phần diện tích, phần còn lại là bainit, hàm lượng bainit ít nhất là 70%. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép này để sản xuất các bộ phận của xe hơi.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép đã được cán nguội có độ bền cao và khả năng tạo hình cao có độ bền kéo 1150MPa hoặc cao hơn và tỷ lệ nong rộng lỗ lớn hơn 30% thích hợp để sử dụng làm tấm thép cho xe hơi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các bộ phận của ô tô cần phải đáp ứng được hai yêu cầu đầy mâu thuẫn, đó là dễ tạo hình và bền nhưng trong những năm gần đây yêu cầu thứ ba về cải thiện mức tiêu thụ nhiên liệu cũng được dành cho ô tô trong bối cảnh mối quan ngại về môi trường toàn cầu. Do đó, hiện nay các bộ phận của ô tô phải được làm bằng vật liệu có khả năng tạo hình cao để thích hợp với tiêu chí dễ lắp ráp trong lắp ráp ô tô phức tạp và và đồng thời phải cải thiện độ bền đối với khả năng chịu va chạm và tuổi thọ của xe hơi trong khi giảm trọng lượng của xe để cải thiện mức tiết kiệm nhiên liệu.

Do đó, các nỗ lực nghiên cứu và phát triển mạnh mẽ được thực hiện để giảm lượng vật liệu dùng trong xe hơi bằng cách tăng độ bền của vật liệu. Ngược lại, việc gia tăng độ bền của các tấm thép lại làm giảm khả năng tạo hình, và do đó việc phát triển các vật liệu có cả độ bền cao lẫn khả năng tạo hình cao là cần thiết.

Các nghiên cứu và phát triển trước đây trong lĩnh vực sản xuất tấm thép có độ bền cao và khả năng tạo hình cao đã thu được một số phương pháp sản xuất các tấm thép có độ bền cao và khả năng tạo hình cao, một số phương pháp trong số các phương pháp này được đưa ra trong bản mô tả này dùng để hiểu rõ sáng chế.

US 9 074 272 mô tả thép có thành phần hoá học: 0,1-0,28% C, 1,0-2,0% Si, 1,0-3,0% Mn và phần còn lại bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi. Vi cấu trúc này bao gồm austenit dư với lượng nằm trong khoảng từ 5 đến 20%, bainit ferit với lượng nằm trong khoảng từ 40 đến 65%, ferit dạng đa giác với lượng nằm trong khoảng từ 30 đến 50% và martensit với lượng nhỏ hơn 5%. US 9 074 272 đề cập đến tấm thép đã được cán nguội có độ giãn dài mỹ mãn nhưng vẫn không đạt

được độ bền ở mức 900MPa mà là yêu cầu để giảm trọng lượng trong khi vẫn giữ cho bộ phận của ô tô phức tạp được bền.

Các giải pháp kỹ thuật đã biết liên quan đến việc sản xuất các tấm thép có độ bền cao và khả năng tạo hình cao phải chịu một hoặc nhiều khuyết tật, do đó cần có tấm thép đã được cán nguội có độ bền cao và khả năng tạo hình cao và phương pháp sản xuất nó.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là giải quyết các vấn đề này bằng cách tạo ra các tấm thép đã được cán nguội mà đồng thời có:

- độ bền kéo giới hạn lớn hơn hoặc bằng 1150MPa và tốt hơn là lớn hơn 1180MPa, hoặc thậm chí là lớn hơn 1220MPa,
- tổng độ giãn dài lớn hơn hoặc bằng 13% và tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 14%
- tỷ lệ nong rộng lỗ 30% hoặc lớn hơn và tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn.

Theo phương án được ưu tiên, tấm thép theo sáng chế có thể có trị số giới hạn chảy lớn hơn hoặc lớn hơn 850MPa.

Tốt hơn là, thép như vậy cũng có thể có khả năng thích hợp tốt để tạo hình, cụ thể để cán với khả năng hàn và khả năng phủ tốt.

Mục đích khác của sáng chế là tạo ra phương pháp sản xuất các tấm mà tương thích với các ứng dụng công nghiệp thông thường trong khi vẫn đáp ứng các thay đổi về thông số sản xuất.

Mục đích này đạt được bằng cách đề xuất tấm thép theo điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Tấm thép này cũng có thể có các dấu hiệu như được xác định trong điểm yêu cầu bảo hộ bất kỳ trong số các điểm từ 2 đến 8 yêu cầu bảo hộ. Mục đích khác đạt được bằng cách đề xuất phương pháp như được xác định trong điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 12 yêu cầu bảo hộ. Mục đích này theo khía cạnh khác đạt được bằng cách đề xuất các bộ phận hoặc các xe hơi theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 13 đến 15.

Các đặc điểm và các ưu điểm khác của sáng chế sẽ trở nên dễ hiểu hơn qua phần mô tả chi tiết dưới đây của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cacbon có mặt trong thép với lượng nằm trong khoảng từ 0,19% đến 0,24%. Cacbon là nguyên tố cần thiết để làm tăng độ bền của tấm thép bằng cách tạo ra pha chuyển hóa ở nhiệt độ thấp như martensit. Hơn nữa, cacbon cũng đóng vai trò chủ chốt trong việc làm ổn định austenit. Hàm lượng nhỏ hơn 0,19% sẽ không cho phép ổn định austenit và cũng không đảm bảo ít nhất 5% martensit, từ đó làm giảm độ bền cũng như độ dẻo. Mặt khác, với hàm lượng cacbon lớn hơn 0,24%, vùng hàn và vùng bị tác động bởi nhiệt bị hóa cứng đáng kể, và do đó các tính chất cơ học của vùng hàn bị suy giảm.

Hàm lượng mangan trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 1,9% đến 2,2%. Mangan là nguyên tố mà truyền độ bền cũng như làm ổn định austenit để thu được austenit dư. Đã phát hiện ra rằng mangan với lượng ít nhất khoảng 1,9% trọng lượng mang lại độ bền và khả năng hóa cứng của tấm thép này cũng như làm ổn định austenit. Do đó, tỷ lệ phần trăm mangan cao hơn như nằm trong khoảng từ 2,0 đến 2,2% là được ưu tiên. Nhưng khi hàm lượng mangan lớn hơn 2,2 %, điều này tạo ra tác dụng ngược như làm chậm quá trình chuyển hóa của austenit thành bainit trong khi việc giữ đẳng nhiệt để chuyển hóa bainit, dẫn đến việc làm giảm độ dẻo. Ngoài ra, hàm lượng mangan lớn hơn 2,2% cũng sẽ giảm khả năng hàn của thép này.

Hàm lượng silic trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 1,4% đến 1,6%. Silic là thành phần làm chậm quá trình kết tủa cacbon ra khỏi austenit. Do đó, do sự có mặt của 1,4% silic, austenit giàu cacbon được làm ổn định ở nhiệt độ trong phòng. Tuy nhiên, việc bổ sung nhiều hơn 1,6% silic không cải thiện được tác dụng này và dẫn đến các vấn đề như giòn khi cán nóng. Do đó, nồng độ được kiểm soát dưới 1,6%.

Hàm lượng nhôm trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,06%. Trong khoảng như vậy, nhôm liên kết nitơ có trong thép để tạo ra nhôm nitrua để giảm kích thước của các hạt. Nhưng, theo sáng chế, khi hàm lượng nhôm lớn hơn 0,06%, nó sẽ làm tăng điểm Ac_3 , do đó làm giảm năng suất.

Hàm lượng crom trong thép theo sáng chế nằm trong khoảng từ 0,2% đến 0,5%. Crom là nguyên tố chủ yếu mang lại độ bền và hóa cứng thép, nhưng khi được sử dụng với lượng lớn hơn 0,5 % làm ảnh hưởng đến bề mặt hoàn thiện của thép.

Hàm lượng phospho trong thép theo sáng chế được giới hạn ở mức 0,02%. Phospho là nguyên tố hóa cứng trong dung dịch rắn và cũng gây cản trở sự tạo cacbua. Do đó, lượng nhỏ phospho, ít nhất là 0,002% có thể là có lợi, nhưng phospho lại có các tác dụng ngược, như giảm khả năng hàn điểm và độ dẻo nóng, cụ thể là do xu hướng phân tách của nó ở biên hạt hoặc cùng tách với mangan. Vì các lý do này, tốt hơn là hàm lượng của nó được giới hạn ở mức tối đa 0,013%.

Lưu huỳnh là không phải là nguyên tố chủ yếu nhưng có thể bị lẫn vào dưới dạng tạp chất trong thép. Tốt hơn là, hàm lượng lưu huỳnh càng thấp càng tốt, nhưng không lớn hơn 0,03%, tốt nhất là 0,003%, từ quan điểm về chi phí sản xuất. Hơn nữa, nếu lưu huỳnh có mặt trong thép với lượng cao hơn, nó sẽ kết hợp để tạo ra sulfua, cụ thể là kết hợp với Mn và Ti, và làm giảm tác động có lợi của chúng đến sáng chế.

Niobi là nguyên tố tùy ý mà có thể được bổ sung vào thép lên đến 0,06%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0010 đến 0,06%. Nó thích hợp để tạo ra cacbonitrua để truyền độ bền cho thép theo sáng chế bằng cách hóa cứng dần. Vì niobi làm chậm quá trình tái kết tinh trong khi nung nóng, nên vi cấu trúc tạo ra ở cuối nhiệt độ giữ và do đó sau khi ủ xong là mịn hơn, điều này dẫn đến việc hóa cứng sản phẩm. Nhưng, khi hàm lượng niobi là cao hơn 0,06% lượng của carbo-nitrua là không thuận lợi cho sáng chế khi lượng lớn carbo-nitrua thường làm giảm độ dẻo của thép.

Titan là nguyên tố tùy ý mà có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế lên đến 0,08%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,08%. Như niobi, nó được bao gồm trong carbo-nitrua, vì vậy nó đóng vai trò trong việc hóa cứng. Nhưng nó cũng liên quan đến quá trình tạo ra TiN xảy ra trong quá trình hóa rắn sản phẩm đúc. Vì vậy, lượng Ti được giới hạn ở mức 0,08% để tránh TiN thô gây bất lợi cho việc nong rộng lỗ. Trong trường hợp hàm lượng titan nhỏ hơn 0,001%, nó không truyền tác dụng bất kỳ nào cho thép theo sáng chế.

Vanadi là nguyên tố tùy ý mà có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế lên đến 0,1%, tốt hơn là được bổ sung vào thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,01%. Như niobi, nó tham gia vào carbo-nitrua, vì vậy đóng vai trò trong quá trình hóa cứng. Nhưng nó cũng tham gia vào việc tạo VN xuất hiện trong quá trình hóa rắn sản phẩm đúc. Vì vậy, lượng V được giới hạn ở mức 0,1% để

tránh VN thô gây bất lợi cho việc nong rộng lỗ. Trong trường hợp hàm lượng vanadi dưới 0,001%, nó không truyền tác dụng bất kỳ cho thép theo sáng chế.

Canxi là nguyên tố tùy ý mà có thể được bổ sung vào thép theo sáng chế lên đến 0,005%, tốt hơn được bổ sung vào thép theo sáng chế với lượng nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,005%. Canxi được bổ sung vào thép theo sáng chế dưới dạng nguyên tố tùy ý, cụ thể là quá trình xử lý bao gồm. Canxi góp phần vào việc tinh chỉnh thép bằng cách giữ hàm lượng lưu huỳnh gây bất lợi trong việc tạo cầu nó.

Các nguyên tố khác như xeri, bo, magie hoặc zircon có thể được bổ sung riêng biệt hoặc kết hợp với các tỷ lệ sau: $Ce \leq 0,1\%$, $B \leq 0,01\%$, $Mg \leq 0,05\%$ và $Zr \leq 0,05\%$. Lên đến các hàm lượng tối đa là nêu trên, các nguyên tố này cho phép có thể tinh chỉnh hạt này trong quá trình hóa rắn.

Phần còn lại của thành phần thép bao gồm sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi thu được từ quá trình xử lý.

Vi cấu trúc của tấm thép theo sáng chế chứa từ 5% đến 15% martensit đã ram, 10% đến 15% austenit dư và tùy ý tối đa 5% ferit tính theo phần diện tích, phần còn lại là bainit, bainit với lượng ít nhất là 70%.

Bainit là nền thép và có mặt với lượng tối thiểu 70%, tốt hơn là 75%. Trong phạm vi của sáng chế, bainit bao gồm bainit dạng dải và bainit dạng hạt. Bainit dạng hạt là bainit có tỷ trọng cacbua rất thấp, điều này có nghĩa là thép này chứa ít hơn 100 cacbua cho mỗi đơn vị diện tích là $100\mu m^2$. Bainit dạng dải dưới dạng các dải mỏng ferit với cacbua được tạo ra giữa các dải này. Kích thước của cacbua có mặt giữa dải mỏng là sao cho số cacbua lớn hơn 0,1 micron là nhỏ hơn $50.000/mm^2$. Bainit dạng dải tạo cho thép có nong rộng lỗ thỏa đáng, trong khi bainit dạng hạt tạo cho thép có độ giãn dài cải thiện.

Martensit đã ram có mặt với lượng với lượng nằm trong khoảng từ 5 đến 15%. Nếu hàm lượng martensit đã ram nhỏ hơn 5%, sẽ khó có thể đạt được độ bền ở mức 1150MPa và nếu lượng martensit vượt quá 15%, nó sẽ gây bất lợi cho khả năng hàn của thép cũng như tác động bất lợi đến độ dẻo.

Austenit dư có mặt với lượng nằm trong khoảng từ 10 đến 15%. Đã thấy rằng để có độ hòa tan của cacbon cao hơn bainit và do đó có tác dụng là bẫy cacbon hiệu quả, do đó làm chậm quá trình tạo cacbua trong bainit. Tốt hơn là, austenit được giữ

lại theo sáng chế chứa cacbon với lượng nằm trong khoảng từ 0,9 đến 1,15%, với hàm lượng cacbon trung bình trong austenit là 1,00%. Do đó, hàm lượng cân bằng của cacbon giữa bainit và austenit tạo điều kiện thuận lợi cho việc cán nóng trong khoảng austenit trong khi cho phép các hạt bainit truyền các tính chất cơ học như khả năng tạo hình và độ giãn dài. Ngoài ra, austenit cũng truyền độ dẻo cho thép này.

Martensit đã ram và austenit dư có thể có mặt trong thép theo sáng chế, dưới dạng các pha riêng biệt hoặc dưới dạng các đảo martensit-austenit, là được ưu tiên.

Ferit có thể có mặt trong vi cấu trúc của thép theo sáng chế dưới dạng vi cấu trúc ngẫu nhiên do tốc độ làm nguội thấp chẳng hạn. Ferit như vậy có thể chứa ferit dạng đa giác, dạng dải ferit, ferit dạng hình kim, ferit dạng tấm hoặc kiểu epitaxy ferit. Sự có mặt của ferit trong sáng chế có thể truyền cho thép khả năng tạo hình và độ giãn dài và cả khả năng chống gãy đứt do mỏi ở một mức độ nhất định. Nhưng nó cũng có thể có tác động tiêu cực do thực tế là ferit làm tăng sự khác biệt về độ cứng với các pha cứng như martensit và bainit và làm giảm độ dẻo cục bộ, dẫn đến làm giảm tỷ số nong rộng lỗ. Do đó, nó được giới hạn ở mức tối đa 5%.

Tấm thép theo sáng chế có thể thu được bằng phương pháp thích hợp bất kỳ. Tuy nhiên, tốt hơn là sử dụng quy trình theo sáng chế, lần lượt bao gồm các bước sau:

- chuẩn bị thép có thành phần theo sáng chế để thu được phôi,
- nung nóng lại phôi nêu trên đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1280°C;
- cán phôi nêu trên hoàn toàn trong khoảng austenit, trong đó nhiệt độ kết thúc cán nóng lớn hơn hoặc bằng 850°C để thu được tấm thép đã được cán nóng;
- làm nguội tấm này với tốc độ làm nguội ở trên 30°C/giây đến nhiệt độ cuộn tấm thép không lớn hơn 600°C; và cuộn tấm cán nóng này;
- làm nguội tấm cán nóng này;
- tùy ý, thực hiện bước loại bỏ cặn trên tấm thép đã được cán nóng này;
- ủ tấm thép đã được cán nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 750°C trong thời gian từ 1 giờ đến 96 giờ;

- tùy ý, thực hiện bước loại bỏ cặn trên tấm thép đã được cán nóng đã được ủ này;
- cán nguội tấm thép đã được cán nóng này với lượng ép từ 35 đến 90% để thu được tấm thép đã được cán nguội;
- sau đó, ủ liên tục tấm thép đã được cán nguội này với tốc độ nằm trong khoảng từ 1 đến 20°C/giây đến nhiệt độ nung khử co nằm trong khoảng từ A_{c3} đến $A_{c3} + 50^\circ\text{C}$ trong thời gian ít nhất 100 giây, nhiệt độ và thời gian được chọn để thu được tỷ lệ phần trăm austenit là 100%;
- sau đó, làm nguội tấm này với tốc độ lớn hơn 20°C/giây đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ $M_s - 10^\circ\text{C}$ đến $M_s + 10^\circ\text{C}$, trong đó M_s là the nhiệt độ M_s của austenit ban đầu trước khi làm nguội và tiếp đó
- giữ tấm thép đã được cán nguội này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 450°C trong thời gian từ 250 đến 1000 giây; sau đó
- làm nguội tấm này xuống nhiệt độ trong phòng với tốc độ làm nguội không lớn hơn 200°C/giây.

Quy trình như vậy bao gồm việc tạo ra phôi của thép có thành phần hoá học theo sáng chế. Phôi này có thể được đúc thành các thỏi hoặc liên tục dưới dạng tấm mỏng hoặc dải mỏng, tức là với độ dày nằm trong khoảng từ khoảng 220mm đối với tấm lên đến vài chục milimet đối với dải mỏng, chẳng hạn.

Nhằm mục đích đơn giản hóa sáng chế, tấm sẽ được coi là phôi. Tấm có thành phần hoá học nêu trên được sản xuất bằng cách đúc liên tục, trong đó tốt hơn là tấm được cho trải qua bước giảm mềm trực tiếp trong khi đúc để đảm bảo sự loại trừ quá trình tách ở giữa và giảm độ xoắn. Tấm này được tạo ra bởi quy trình đúc liên tục có thể được sử dụng trực tiếp ở nhiệt độ cao sau khi đúc liên tục hoặc trước tiên có thể được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và tiếp đó, nung nóng lại để cán nóng.

Tốt hơn là, nhiệt độ của tấm mà được cán nóng ít nhất là 1000°C, tốt hơn là lớn hơn 1200°C và phải thấp hơn 1280°C. Trong trường hợp nhiệt độ của tấm thấp hơn 1000°C, tải trọng quá mức được tác động lên máy cán, và hơn thế, nhiệt độ của thép có thể giảm xuống nhiệt độ chuyển hóa ferit trong kết thúc việc cán, nhờ đó

thép sẽ được cán ở trạng thái trong đó ferit đã được chuyển hóa có mặt trong cấu trúc. Hơn thế, nhiệt độ phải không cao hơn 1280°C vì sẽ có nguy cơ tạo các hạt ferit thô dẫn đến hạt ferit thô làm giảm khả năng tái kết tinh của các hạt này trong quá trình cán nóng. Cỡ hạt ferit ban đầu càng lớn, thì càng khó tái kết tinh, điều này có nghĩa là phải tránh nhiệt độ nung nóng lại lớn hơn 1280°C vì tốn kém về mặt công nghiệp và không thuận lợi về mặt tái kết tinh ferit.

Tốt hơn là, nhiệt độ của tấm là đủ cao sao cho việc cán nóng có thể được hoàn thành hoàn toàn trong khoảng austenit, nhiệt độ cán nóng cuối duy trì trên 850°C và tốt hơn là lớn hơn 900°C . Điều cần thiết là việc cán cuối phải được thực hiện ở trên 850°C , vì dưới nhiệt độ này, tấm thép có khả năng cán giảm đáng kể. Nhiệt độ cán cuối nằm trong khoảng từ 900 đến 950°C là được ưu tiên để có được cấu trúc thuận lợi cho quá trình tái kết tinh và cán.

Sau đó, tấm thu được theo cách này được làm nguội với tốc độ làm nguội lớn hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến nhiệt độ cuộn tấm thép nhỏ hơn 600°C . Tốt hơn là, tốc độ làm nguội sẽ nhỏ hơn hoặc bằng $65^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và lớn hơn $35^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tốt hơn là, nhiệt độ cuộn tấm thép lớn hơn 350°C để tránh được quá trình chuyển hóa austenit thành ferit và perlit và góp phần vào việc tạo ra vi cấu trúc bainit và martensit đồng nhất.

Tấm thép đã được cán nóng đã được cuộn có thể được làm nguội xuống nhiệt độ trong phòng trước khi cho trải qua bước ủ dải nóng hoặc có thể đưa trực tiếp tới bước ủ dải nóng.

Tấm thép đã được cán nóng có thể tùy ý được tẩy gỉ để loại bỏ cặn được tạo ra trong khi cán nóng, nếu cần. Sau đó, tấm cán nóng này được ủ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400°C đến 750°C trong thời gian từ 1 đến 96 giờ. Nhiệt độ ủ dải nóng được xác định theo tỷ lệ phần trăm đích của bainit, khi nhiệt độ càng cao, thì tỷ lệ phần trăm của bainit, và cụ thể của bainit dạng hạt lớn hơn. Điều này được kích hoạt bởi việc tinh chỉnh cỡ hạt austenit trước đó. Sau đó, việc tẩy gỉ tấm thép đã được cán nóng và ủ này có thể được thực hiện, nếu cần, để loại bỏ cặn.

Sau đó, các tấm đã được cán nóng và ủ được cán nguội với độ dày giảm từ 35 đến 90%. Sau đó, tấm thép đã được cán nguội này được ủ để truyền cho thép theo sáng chế có được vi cấu trúc và các tính chất cơ học mong muốn.

Để ủ liên tục tấm thép đã được cán nguội này, trước tiên nó được nung nóng với tốc độ nung nóng từ 1 đến 20°C/giây, tốt hơn là lớn hơn 3°C/giây, đến nhiệt độ nung khử co nằm trong khoảng từ A_{c3} đến $A_{c3} + 50^{\circ}\text{C}$ trong thời gian ít nhất là 100 giây và tốt hơn là không lớn hơn 1000 giây. Nhiệt độ và thời gian được chọn để đảm bảo quá trình tái kết tinh hoàn thành, tức là để thu được tỷ lệ phần trăm của austenit 100%. A_{c3} đối với thép theo sáng chế thường nằm trong khoảng từ 840 đến 900°C.

Sau đó, tấm này được làm nguội với tốc độ làm nguội lớn hơn 20°C/giây đến khi đạt được $M_s \pm 10^{\circ}\text{C}$ trong đó M_s là nhiệt độ M_s của austenit ban đầu trước khi làm nguội. Nhiệt độ dùng làm nguội càng gần với M_s thì càng tốt. Theo phương án được ưu tiên, tốc độ làm nguội là lớn hơn 30°C/giây.

Sau đó, nhiệt độ của tấm thép đã được cán nguội được tăng lên đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 450°C, việc tăng nhiệt độ từ $M_s \pm 10^{\circ}\text{C}$ đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 450°C là do hiện tượng nóng lại. Sau đó, tấm thép này được giữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 450°C trong thời gian ít nhất là 250 giây nhưng không lớn hơn 1000 giây. Việc quá nhiệt đẳng nhiệt này làm ổn định austenit giàu cacbon và góp phần tạo ra và làm ổn định cacbua bainit có tỷ trọng thấp, tạo cho thép theo sáng chế có các tính chất cơ học mong muốn.

Sau đó, tấm thép đã được cán nguội này được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng với tốc độ làm nguội không lớn hơn 200°C/giây. Trong quá trình làm nguội này, austenit dư không ổn định có thể chuyển hóa thành martensit mới dưới dạng các đảo MA.

Một thao tác xử lý mặt ngoài tùy ý với lượng ép dưới 0,6% có thể được thực hiện ở giai đoạn đó.

Sau đó, tấm cán nguội đã được xử lý nhiệt này có thể tùy ý được phủ bằng cách phương pháp kết tủa điện phân hoặc phủ chân không hoặc phương pháp thích hợp khác bất kỳ.

Việc ủ theo mẻ thêm, tốt hơn là được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 170 đến 210°C trong thời gian từ 12 giờ đến 30 giờ có thể được thực hiện tùy ý sau khi ủ đối với sản phẩm vẫn chưa được phủ hoặc sau khi phủ đối với sản phẩm đã được phủ để giảm sự chênh lệch độ cứng giữa các pha và đảm bảo việc loại khí đối với các sản phẩm đã được phủ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thử nghiệm và các ví dụ sau được đưa ra dưới đây không nhằm giới hạn phạm vi của sáng chế và phải được xem là chỉ nhằm mục đích minh họa sáng chế, và sẽ thể hiện các dấu hiệu có lợi của sáng chế và cho thấy tầm quan trọng của các thông số đã được các tác giả sáng chế chọn sau khi tiến hành các thử nghiệm sâu rộng và tiếp tục thiết lập các tính chất mà có thể đạt được bằng thép theo sáng chế.

Các mẫu của tấm thép theo sáng chế và một số các loại so sánh được tạo ra với các thành phần nêu trong bảng 1 và các thông số xử lý nêu trong bảng 2 và 2. Các vi cấu trúc tương ứng của các tấm thép này được nêu trong bảng 3 và các tính chất được nêu trong bảng 4.

Bảng 1 mô tả thép với các thành phần được tính theo phần trăm khối lượng.

Bảng 1 : Thành phần của thép thử nghiệm

Loại	C	Mn	Si	Al	Cr	P	S	N	Nb	Ti	V	Ca
1*	0,212	2,09	1,512	0,042	0,352	0,011	0,002	0,007	0,010	0,005	-	-
2*	0,213	2,08	1,490	0,034	0,357	0,010	0,001	0,004	0,002	0,005	0,002	0,001
3*	0,213	2,10	1,510	0,037	0,342	0,010	0,002	0,005	0,002	0,005	0,002	0,002
4*	0,204	2,11	1,500	0,035	0,308	0,009	0,001	0,005	0,002	0,005	-	0,001
5	0,207	2,09	1,480	0,026	<u>0,675</u>	0,010	0,002	0,005	0,002	0,004	-	-
6	0,195	2,17	<u>1,890</u>	0,020	0,340	0,012	0,002	0,005	0,002	0,004	-	-
7	0,195	2,18	<u>1,890</u>	0,021	<u>0,650</u>	0,012	0,002	0,005	0,002	0,004	-	-
8*	0,208	2,09	1,500	0,028	0,363	0,011	0,002	0,005	0,002	0,004	-	-

* = theo sáng chế; các trị số gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 2 tập hợp các thông số xử lý ủ được thực hiện đối với thép trong Bảng 1.

Bảng 1 cũng cho thấy các nhiệt độ chuyển hóa Bainit Bs và chuyển hóa Martensit Ms của thép theo sáng chế và thép so sánh. Việc tính toán của Bs và Ms được tiến hành bằng cách sử dụng công thức Van Bohemen được công bố trong tài liệu Materials Science and Technology (2012) vol 28, n°4, pp487-495, như sau:

$$Bs=839-(86*[Mn]+23*[Si]+67*[Cr]+33*[Ni]+75*[Mo])-270*(1-EXP(-1,33*[C]))$$

$$M_s = 565 - (31*[Mn] + 13*[Si] + 10*[Cr] + 18*[Ni] + 12*[Mo]) - 600*(1 - \exp(-0,96*[C]))$$

Hơn thế, trước khi thực hiện việc xử lý ủ đối với thép theo sáng chế cũng như thép so sánh, các mẫu được nung nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000° C đến 1280°C và tiếp đó được cán nóng với nhiệt độ kết thúc lớn hơn 850°C và tiếp đó được cuộn ở nhiệt độ nhỏ hơn 600°C. Sau đó, cuộn cán nóng này được xử lý theo yêu cầu và tiếp đó sau khi đã được cán nguội với độ dày giảm nằm trong khoảng từ 35 đến 90%.

Bảng 2 : Các thông số xử lý của thép các thử nghiệm

Các thử nghiệm	Loại	Bs (°C)	Ms (°C)	Nhiệt độ cuộn tấm thép (°C)	HBA T (°C)	Ủ					Xử lý quá già		
						Nhiệt độ nung nóng (°C/giây)	Nhiệt độ nung khử co (°C)	Thời gian nung khử co t (giây)	Nhiệt độ dừng (°C)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Nhiệt độ vào (°C)	Nhiệt độ ra (°C)	Thời gian (giờ)
I1	1	533	365	450	620	2,5	868	155	358	39	402	411	366
I2	2	535	366	450	650	2,6	851	155	360	39	392	405	366
I3	3	533	365	450	650	2,6	844	155	357	34	395	405	366
I4	4	539	370	560	450	2,5	857	155	367	55	398	414	366
R1	<u>5</u>	514	366	560	560	6,0	880	120	<u>400</u>	50	400	400	300
R2	<u>6</u>	524	367	560	560	6,0	880	120	<u>400</u>	50	400	400	300
R3	<u>7</u>	502	364	560	560	6,0	880	120	<u>400</u>	50	400	400	300
R4	8	535	368	560	560	6,0	<u>830</u>	120	375	50	375	400	300
R5	1	534	366	550	560	2,1	872	186	<u>348</u>	34	<u>334</u>	404	439

Các trị số gạch chân: không theo sáng chế.

HBA : ủ tấm thép đã được cán nóng

Bảng 3 tập hợp các kết quả của thử nghiệm được tiến hành theo các tiêu chuẩn trên các kính hiển vi khác như kính hiển vi điện tử quét để xác định thành phần vi cấu trúc của cả các thử nghiệm thép theo sáng chế lẫn thép so sánh.

Bảng 3 : Các vi cấu trúc của thép các thử nghiệm

Các thử nghiệm	Bainit	Martensit đã ram	Austenit dư	%C trong austenit	Ferit
I1	75	12	13	1,10	0

Các thử nghiệm	Bainit	Martensit đã ram	Austenit dư	%C trong austenit	Ferit
I2	77	11	12	1,12	0
I3	74	12	12	1,08	2
I4	76	12	12	1,03	0
R1	75	13	12	1,14	0
R2	<u>69</u>	12	11	1,10	8
R3	<u>68</u>	15	12	1,04	5
R4	<u>60</u>	10	12	1,15	<u>18</u>
R5	<u>66</u>	<u>22</u>	12	1,15	0

Các trị số gạch chân: không theo sáng chế.

Bảng 4 tập hợp các tính chất cơ học của cả thép theo sáng chế lẫn thép so sánh. Thử nghiệm độ bền kéo, giới hạn chảy và tổng độ giãn dài được tiến hành theo các tiêu chuẩn JIS Z2241, trong khi để ước tính mức độ nong rộng lỗ, thử nghiệm được gọi là nong rộng lỗ được áp dụng theo tiêu chuẩn ISO16630:2009. trong thử nghiệm này, mẫu được đục để tạo ra lỗ 10mm (=Di) và được làm biến dạng. Sau khi biến dạng, đường kính lỗ Df được đo và tỷ lệ nong rộng lỗ (HER) được tính toán bằng công thức sau:

$$HER\% = 100 \cdot (Df - Di) / Di$$

Bảng 4 : Các tính chất cơ học của các thử nghiệm

Các thử nghiệm	Độ bền kéo (MPa)	Giới hạn chảy (MPa)	tổng độ giãn dài (%)	HER (%)
I1	1242	959	14,5	41,0
I2	1227	976	14,2	47,7
I3	1235	982	14,5	45,2
I4	1222	869	14,3	40,0
R1	1287	898	13,3	<u>22,9</u>
R2	1252	863	15,7	<u>28,7</u>
R3	1345	925	14,5	<u>22,1</u>
R4	1174	827	16,8	<u>23,5</u>
R5	1325	1108	<u>12,2</u>	32,0

Các trị số gạch chân: không theo sáng chế.

Các ví dụ nêu trên cho thấy các tấm thép theo sáng chế là các tấm thép duy nhất có tất cả các tính chất mong muốn nhờ thành phần và cấu trúc cụ thể của chúng.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội bao gồm lần lượt các bước sau:

- chuẩn bị thép có thành phần sau, tính theo phần trăm khối lượng

$0,19\% \leq \text{cacbon} \leq 0,24\%$,

$1,9\% \leq \text{mangan} \leq 2,2\%$,

$1,4\% \leq \text{silic} \leq 1,6\%$,

$0,01\% \leq \text{nhôm} \leq 0,06\%$,

$0,2\% \leq \text{crom} \leq 0,5\%$,

phospho $\leq 0,02\%$,

lưu huỳnh $\leq 0,03\%$, và

phần còn lại là sắt và các tạp chất không thể tránh khỏi, để thu được phôi;

- nung nóng lại phôi này đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1280°C ;

- cán phôi này hoàn toàn trong khoảng austenit ở nhiệt độ kết thúc cán nóng lớn hơn hoặc bằng 850°C để thu được tấm thép đã được cán nóng;

- làm nguội tấm thép đã được cán nóng này ở tốc độ làm nguội lớn hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến nhiệt độ cuộn tấm thép thấp hơn hoặc bằng 600°C ; và cuộn tấm thép đã được cán nóng này;

- làm nguội tấm thép đã được cán nóng này;

- ủ tấm thép đã được cán nóng này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 400 đến 750°C trong thời gian từ 1 giờ đến 96 giờ;

- cán nguội tấm thép đã được cán nóng này với lượng ép nằm trong khoảng từ 35 đến 90% để thu được tấm thép đã được cán nguội;

sau đó, ủ liên tục tấm thép đã được cán nguội này ở tốc độ nằm trong khoảng từ 1 đến $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến nhiệt độ nung khử co nằm trong khoảng từ Ac3 đến $\text{Ac3}+500^{\circ}\text{C}$ trong thời gian ít nhất 100 giây;

- tiếp đó, làm nguội tấm thép đã được cán nguội này ở tốc độ lớn hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ $\text{Ms}-10^{\circ}\text{C}$ đến $\text{Ms}+10^{\circ}\text{C}$, trong đó Ms là nhiệt độ Ms của austenit ban đầu trước khi làm nguội và sau đó,

- giữ tấm thép đã được cán nguội này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 450°C trong thời gian từ 250 đến 1000 giây; và sau đó
- làm nguội tấm thép đã được cán nguội này đến nhiệt độ trong phòng ở tốc độ làm nguội không lớn hơn 200°C/giây.

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó nhiệt độ cuộn tấm thép đã được cán nóng nằm trong khoảng từ 350 đến 600°C.

3. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tấm thép đã được cán nguội được ủ liên tục ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 840°C đến 900°C trong thời gian từ 100 đến 1000 giây.

4. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tấm thép đã được cán nguội còn được phủ bằng kẽm hoặc hợp kim kẽm.

5. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước loại bỏ cặn trên tấm thép đã được cán nóng này.

6. Phương pháp theo điểm 1, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước loại bỏ cặn trên tấm thép đã được cán nóng này sau khi ủ.

7. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tấm thép đã được cán nguội này sau khi làm nguội có độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 1150 MPa, tỷ lệ nong rộng lỗ lớn hơn hoặc bằng 30% và tổng độ giãn dài lớn hơn hoặc bằng 13%.

8. Phương pháp theo điểm 1, trong đó tấm thép đã được cán nguội này sau khi làm nguội có vi cấu trúc chứa ferit dạng đa giác với lượng nhỏ hơn 5%.