



(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)



1-0025108

(51)^{2019.01} C22C 38/00; C22C 38/02; C22C 38/04; (13) B
C22C 38/06; C22C 38/38; C22C 38/14;
C22C 38/22; C22C 38/24; C22C 38/28;
C22C 38/34; C21D 8/02; C22C 38/12

(21) 1-2014-03847

(22) 22/07/2013

(86) PCT/JP2013/069805 22/07/2013

(87) WO2014/014120A1 23/01/2014

(30) 2012-161730 20/07/2012 JP

(45) 25/08/2020 389

(43) 26/01/2015 322A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

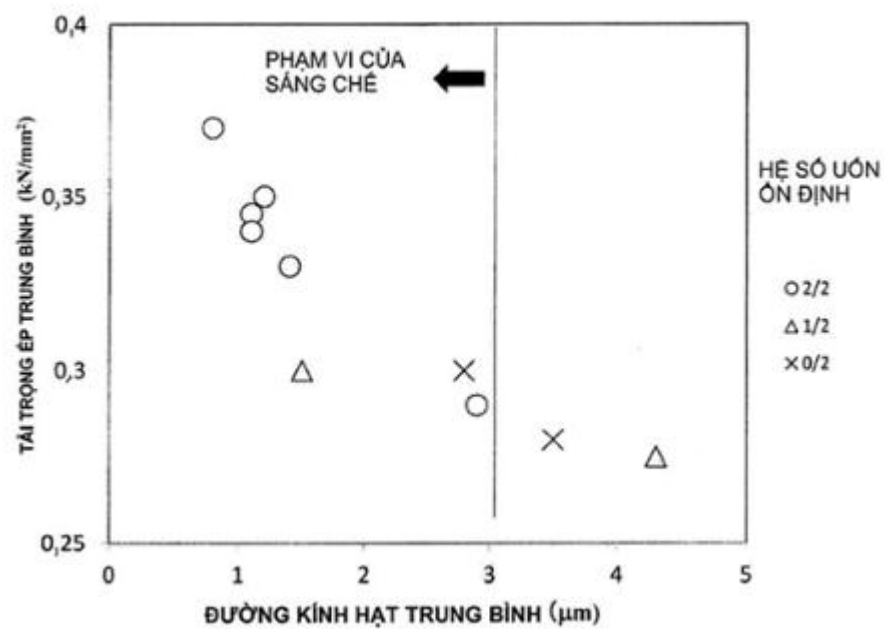
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) KAWANO, Kaori (JP); TASAKA, Masahito (JP); NAKAZAWA, Yoshiaki (JP);
TANAKA, Yasuaki (JP); TOMIDA, Toshiro (JP).

(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) VẬT LIỆU THÉP

(57) Sáng chế đề cập đến vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, các nguyên tố sau: C: lớn hơn 0,05% đến 0,2%, Mn: từ 1% đến 3%, Si: lớn hơn 0,5% đến 1,8%, Al: từ 0,01% đến 0,5%, N: từ 0,001% đến 0,015%, Ti hoặc tổng của V và Ti: lớn hơn 0,1% đến 0,25%, Ti: 0,001% hoặc lớn hơn, Cr: từ 0% đến 0,25%, Mo: từ 0% đến 0,35% và phần còn lại là Fe và các tạp chất, bao gồm cấu trúc thép là cấu trúc nhiều pha có pha chính được làm từ ferit chiếm 50% diện tích hoặc lớn hơn, và pha thứ hai bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm bainit, mactensit và auxtenit, trong đó độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai nêu trên là nhỏ hơn 6,0 GPa và khi biên tại đó sự định hướng lệch của các tinh thể là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, và vùng được bao quanh bởi biên hạt được xác định là hạt tinh thể, đường kính hạt trung bình của tất cả các hạt tinh thể ở pha chính nêu trên và pha thứ hai nêu trên là 3 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° tới nhỏ hơn 15° về độ dài của tất cả các biên hạt là 15% hoặc lớn hơn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu thép, và cụ thể là đề cập đến vật liệu thép thích hợp làm vật liệu của chi tiết chống va đập trong đó sự xuất hiện vết nứt khi áp dụng tải nén được ngăn chặn, và hơn nữa, ứng suất chảy dẻo hiệu quả là cao.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, từ khía cạnh bảo vệ môi trường toàn cầu, việc giảm trọng lượng của thân xe cộ đã được yêu cầu như một phần của việc giảm các khí thải CO₂ từ xe cộ, và việc tăng bền cao vật liệu thép dùng cho xe cộ đã được hướng tới. Điều này là bởi vì, bằng cách cải thiện độ bền của vật liệu thép, có thể làm giảm độ dày của vật liệu thép dùng cho xe cộ. Trong khi đó, nhu cầu xã hội đối với việc cải thiện độ an toàn va đập của ô tô đã được tăng thêm, và không những việc tăng bền cao của vật liệu thép mà còn cả sự phát triển của vật liệu thép có khả năng chống va đập mỹ mãn khi xảy ra va chạm trong quá trình di chuyển, đã được mong muốn.

Ở đây, các phản tương ứng của vật liệu thép dùng cho xe cộ tại thời điểm va chạm bị biến dạng ở tốc độ biến dạng hàng chục lần (s^{-1}) hoặc nhiều hơn, vì vậy yêu cầu phải có vật liệu có độ bền cao có đặc tính độ bền động mỹ mãn.

Đối với vật liệu có độ bền cao này, thép STRIP ít hợp kim có chênh lệch tĩnh - động lớn (sự chênh lệch giữa độ bền tĩnh và độ bền động), và vật liệu thép cấu trúc nhiều pha có độ bền cao chẳng hạn như thép cấu trúc nhiều pha có pha thứ hai chủ yếu được tạo ra từ mactensit, được biết đến.

Về thép STRIP ít hợp kim, ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép có độ bền cao loại biến đổi gây biến dạng (tấm thép TRIP) để giảm năng lượng va chạm của ô tô có đặc tính biến dạng động mỹ mãn.

Hơn nữa, về tấm thép cấu trúc nhiều pha có pha thứ hai chủ yếu được tạo ra

từ mactensit, các sáng chế đã được bộc lộ sẽ được mô tả dưới đây.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép có độ bền cao có sự cân bằng mỹ mãn về độ bền và độ dẻo và có chênh lệch tĩnh - động là 170 MPa hoặc lớn hơn, tấm thép có độ bền cao được tạo ra từ các hạt ferit nhỏ, trong đó đường kính hạt trung bình d_s của các hạt tinh thể nanô mà mỗi hạt tinh thể nanô này có đường kính hạt tinh thể là 1,2 μm hoặc nhỏ hơn và đường kính hạt tinh thể trung bình d_L của các hạt vi tinh thể mà mỗi hạt tinh thể này có đường kính hạt tinh thể lớn hơn 1,2 μm thỏa mãn mối tương quan là $d_L / d_s \geq 3$.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép được tạo ra từ cấu trúc pha kép của mactensit mà đường kính hạt trung bình của nó là 3 μm hoặc nhỏ hơn và mactensit mà đường kính hạt trung bình của nó là 5 μm hoặc nhỏ hơn, và có hệ số tĩnh - động cao.

Tài liệu sáng chế 4 bộc lộ tấm thép cán nguội có đặc tính chống va đập tốt chứa 75% hoặc lớn hơn của pha ferit trong đó đường kính hạt trung bình là 3,5 μm hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại bao gồm mactensit được ram.

Tài liệu sáng chế 5 bộc lộ tấm thép cán nguội trong đó ứng suất trước được áp dụng để sản xuất cấu trúc pha kép được tạo ra từ ferit và mactensit, và hiệu số tĩnh - động ở tốc độ biến dạng từ 5×10^2 đến 5×10^3 /giây thỏa mãn 60 MPa hoặc lớn hơn.

Hơn nữa, tài liệu sáng chế 6 bộc lộ tấm thép cán nguội có độ bền cao có đặc tính chống va đập mỹ mãn được tạo ra chỉ từ pha rắn chẳng hạn như bainit 85% hoặc lớn hơn và mactensit.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H11-80879

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số

2006-161077

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-84074

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-277858

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2000-17385

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H11-269606

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, các vật liệu thép thông thường là các vật liệu của các chi tiết chống va đập có các vấn đề dưới đây. Cụ thể là, để cải thiện năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập (sau đây được gọi đơn giản là “chi tiết”), điều thiết yếu là phải nâng cao độ bền của vật liệu thép là vật liệu của chi tiết chống va đập (sau đây cũng được gọi đơn giản là “vật liệu thép”).

Tuy nhiên, như được mô tả trong tài liệu “Journal of the Japan Society for Technology of Plasticity” vol. 46, No. 534, các trang từ 641 đến 645, rằng tải trung bình (F_{ave}) xác định năng lượng chống va đập được đưa ra theo cách mà $F_{ave} \propto (\sigma_Y \cdot t^2) / 4$, trong đó σ_Y biểu thị ứng suất chảy dẻo hiệu quả, và t biểu thị độ dày tấm, năng lượng chống va đập chủ yếu phụ thuộc vào độ dày tấm của vật liệu thép. Do đó, có giới hạn về việc thực hiện cả việc giảm độ dày và khả năng chống va đập cao của chi tiết chống va đập chỉ bằng cách làm tăng độ bền của vật liệu thép.

Ở đây, ứng suất chảy dẻo tương ứng với ứng suất cần có để gây biến dạng dẻo một cách thành công tại lúc bắt đầu hoặc sau khi bắt đầu biến dạng dẻo, và ứng suất chảy dẻo hiệu quả có nghĩa là ứng suất chảy dẻo mà làm cho độ dày

tấm và hình dạng của vật liệu thép và tốc độ biến dạng được áp dụng lên chi tiết khi sự va đập được xem xét.

Tùy chọn, ví dụ, như được mô tả trong công bố quốc tế số WO 2005/010396, công bố quốc tế số WO 2005/010397, và công bố quốc tế số WO 2005/010398, năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập cũng phụ thuộc nhiều vào hình dạng của chi tiết.

Cụ thể là, bằng cách tối ưu hóa hình dạng của chi tiết chống va đập để làm tăng tải làm việc biến dạng dẻo, có khả năng là năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập có thể được tăng đáng kể tới mức mà không thể đạt được chỉ bằng cách làm tăng độ bền của vật liệu thép.

Tuy nhiên, ngay cả khi hình dạng của chi tiết chống va đập được tối ưu hóa để tăng tải làm việc biến dạng dẻo, nếu vật liệu thép không có khả năng biến dạng có khả năng chịu tải làm việc biến dạng dẻo, vết nứt xảy ra trên chi tiết chống va đập ở giai đoạn sớm trước khi sự biến dạng dẻo được kỳ vọng được kết thúc, dẫn tới tải làm việc biến dạng dẻo không thể được tăng, và không thể tăng đáng kể năng lượng chống va đập. Hơn nữa, sự xuất hiện vết nứt trên chi tiết chống va đập ở giai đoạn sớm có thể dẫn tới tình huống không mong muốn trong đó chi tiết khác được bố trí liền kề chi tiết chống va đập bị hư hỏng.

Trong các kỹ thuật thông thường, nhằm làm tăng độ bền va chạm của vật liệu thép dựa vào ý tưởng kỹ thuật rằng năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập phụ thuộc vào độ bền va chạm của vật liệu thép, nhưng, có trường hợp trong đó độ biến dạng được giảm đáng kể chỉ bằng cách làm tăng độ bền va chạm của vật liệu thép. Theo đó, ngay cả nếu hình dạng của chi tiết chống va đập được tối ưu hóa để tăng tải làm việc biến dạng dẻo, không phải luôn có thể tăng đáng kể năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập.

Hơn nữa, vì hình dạng của chi tiết chống va đập đã được nghiên cứu trên giả định rằng vật liệu thép được sản xuất dựa vào ý tưởng kỹ thuật nêu trên được sử dụng, việc tối ưu hóa về hình dạng của chi tiết chống va đập đã được nghiên

cứu, từ trước tiên, dựa vào khả năng biến dạng của vật liệu thép hiện có như giả thuyết, và do đó việc tự nghiên cứu sao cho khả năng biến dạng của vật liệu thép được tăng và hình dạng của chi tiết chống va đập được tối ưu hóa để tăng tải làm việc biến dạng dẻo, cho đến nay chưa được thực hiện một cách đầy đủ.

Mục đích của sáng chế là đề xuất vật liệu thép thích hợp làm vật liệu của chi tiết chống va đập có ứng suất chảy dẻo cao và do đó có năng lượng chống va đập cao và trong đó sự xuất hiện vết nứt khi tải va đập được tác dụng được ngăn chặn, và phương pháp sản xuất vật liệu thép này.

Phương tiện để giải quyết các vấn đề

Như được mô tả ở trên, để làm tăng năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập, điều quan trọng là phải tối ưu hóa không chỉ vật liệu thép mà cả hình dạng của chi tiết chống va đập để làm tăng tải làm việc biến dạng dẻo.

Về vật liệu thép, điều quan trọng là phải làm tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả để làm tăng tải làm việc biến dạng dẻo trong khi ngăn ngừa vết nứt xuất hiện khi tải va đập được tác dụng, vì vậy hình dạng của chi tiết chống va đập có khả năng làm tăng tải làm việc biến dạng dẻo có thể được tối ưu hóa.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu nghiêm túc về phương pháp ngăn ngừa xuất hiện vết nứt khi tải va đập được tác dụng và làm tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả về vật liệu thép để làm tăng năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập, và có được các phát hiện mới như sẽ được mô tả dưới đây.

Cải thiện năng lượng chống va đập

(1) Để làm tăng năng lượng chống va đập của vật liệu thép, hữu hiệu là tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả khi biến dạng thực 5% được đưa ra (sau đây sẽ được mô tả là “ứng suất chảy dẻo 5%”).

(2) Để làm tăng ứng suất chảy dẻo 5%, hữu hiệu là tăng giới hạn chảy và hệ số tăng bền cơ học ở vùng biến dạng thấp.

(3) Để làm tăng giới hạn chảy, đòi hỏi phải thực hiện việc tinh chế cấu trúc thép.

(4) Để làm tăng hệ số tăng bền cơ học ở vùng biến dạng thấp, hữu hiệu là tăng một cách hiệu quả mật độ biến vị ở vùng biến dạng thấp.

(5) Để làm tăng một cách hiệu quả mật độ biến vị ở vùng biến dạng thấp, hữu hiệu là tăng tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ (các biên hạt với góc định hướng lệch nhỏ hơn 15°) ở các biên hạt tinh thể. Điều này là bởi vì, mặc dù biên hạt góc lớn dễ trở nên lún (nơi triệt tiêu) của các phân biến vị tích tụ, việc biến vị dễ bị tích tụ ở biên hạt góc nhỏ, và vì lý do này, bằng cách tăng tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ, có thể làm tăng một cách hiệu quả mật độ biến vị ngay cả ở vùng biến dạng thấp.

Ngăn chặn vết nứt xuất hiện khi tải va đập được tác dụng

(6) Khi vết nứt xảy ra trên chi tiết chống va đập ở thời điểm tác dụng tải va đập, năng lượng chống va đập bị giảm. Hơn nữa, cũng có trường hợp trong đó chi tiết khác liền kề với chi tiết chống va đập bị hư hỏng.

(7) Khi độ bền, cụ thể là giới hạn chảy của vật liệu thép được tăng lên, độ nhạy đối với vết nứt ở thời điểm tác dụng tải va đập (dưới đây còn được gọi là “nứt do va đập”) (dưới đây độ nhạy còn được là “độ nhạy nứt do va đập”) trở nên cao.

(8) Để ngăn ngừa việc xảy ra nứt do va đập, hữu hiệu là tăng độ dai đồng nhất, độ dai cục bộ và độ bền chống gãy.

(9) Để làm tăng độ dai đồng nhất, hữu hiệu là sản xuất cấu trúc nhiều pha được tạo ra từ ferit làm pha chính và phần còn lại được tạo ra từ pha thứ hai bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm bainit, mactensit và auxtenit.

(10) Để làm tăng độ dai cục bộ, hữu hiệu là tạo ra pha thứ hai là pha mềm, và cung cấp độ biến dạng dẻo bằng với độ biến dạng dẻo của ferit là pha chính

với pha thứ hai.

(11) Để làm tăng độ bền chống gãy, hữu hiệu là tinh luyện ferit là pha chính và pha thứ hai.

Sáng chế được tạo ra dựa vào những phát hiện nêu trên, và nội dung của sáng chế là như sau.

[1] Vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau: C: lớn hơn 0,05% đến 0,2%, Mn: từ 1% đến 3%, Si: lớn hơn 0,5% đến 1,8%, Al: từ 0,01% đến 0,5%, N: từ 0,001% đến 0,015%, Ti hoặc tổng của V và Ti: lớn hơn 0,1% đến 0,25%, Ti: 0,001% hoặc lớn hơn, Cr: từ 0% đến 0,25%, Mo: từ 0% đến 0,35%, và phần còn lại là Fe và các tạp chất, bao gồm cấu trúc thép là cấu trúc nhiều pha có pha chính được làm từ ferit chiếm 50% diện tích hoặc lớn hơn, và pha thứ hai bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm bainit, mactensit và auxtenit, trong đó độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai nêu trên là nhỏ hơn 6,0 GPa, và khi biên tại đó sự định hướng lệch của các tinh thể là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, và vùng được bao quanh bởi biên hạt được xác định là hạt tinh thể, đường kính hạt trung bình của tất cả các hạt tinh thể ở pha chính nêu trên và pha thứ hai nêu trên là 3 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° về độ dài của tất cả các biên hạt là 15% hoặc lớn hơn.

[2] Vật liệu thép theo mục [1] chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Cr: từ 0,05% đến 0,25%, và Mo: từ 0,1% đến 0,35%.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể có được chi tiết chống va đập có khả năng ngăn chặn hoặc loại bỏ sự xuất hiện vết nứt trên đó khi tải va đập được tác dụng, và có ứng suất chảy dẻo cao, vì vậy có thể làm tăng đáng kể năng lượng chống va đập của chi tiết chống va đập. Bằng cách ứng dụng chi tiết chống va đập như trên, có thể

cải thiện hơn nữa độ an toàn do va đập của sản phẩm của xe cộ và tương tự, mà là cực kỳ hữu ích.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa lịch sử nhiệt độ trong quá trình xử lý nhiệt ủ liên tục;

Fig.2 là biểu đồ minh họa mối tương quan của độ cứng của pha thứ hai và tỷ số uốn ổn định thu được bằng thử nghiệm ép trục đối với đường kính hạt trung bình, trong đó ○ biểu thị rằng độ uốn ổn định xảy ra khi không có vết nứt, △ biểu thị rằng vết nứt xảy ra với xác suất là 1/2, và × biểu thị rằng vết nứt xảy ra với xác suất 2/2, và xảy ra uốn không ổn định; và

Fig.3 là biểu đồ minh họa mối tương quan giữa đường kính hạt trung bình và tải ép trung bình thu được bằng thử nghiệm ép trục.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết.

1. Thành phần hóa học

Lưu ý rằng “%” trong phần mô tả dưới đây về thành phần hóa học có nghĩa là “% khối lượng”, trừ khi có ghi chú khác.

(1) C: lớn hơn 0,05% đến 0,2%

C có chức năng tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo ra bainit, mactensit và auxtenit được chứa trong pha thứ hai, chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách làm tăng độ bền của pha thứ hai, và chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua quá trình tăng bền dung dịch rắn. Nếu hàm lượng C là 0,05% hoặc nhỏ hơn, thì đôi khi sẽ khó đạt được hiệu quả được tạo ra bởi các chức năng nêu trên. Do đó, hàm lượng C được thiết lập lớn hơn 0,05%. Mặt khác, nếu hàm lượng C lớn hơn 0,2%, thì có trường hợp trong đó mactensit và auxtenit bị hóa cứng quá mức, dẫn tới độ dai cục bộ bị giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng C được thiết lập là 0,2% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý

ràng, sáng chế bao gồm trường hợp mà trong đó hàm lượng C là 0,2%.

(2) Mn: từ 1% đến 3%

Mn có chức năng tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo ra pha thứ hai được điển hình hóa bởi bainit và mactensit, chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua quá trình tăng bền dung dịch rắn, và chức năng cải thiện độ dai cục bộ bằng cách làm tăng độ bền của ferit qua quá trình tăng bền dung dịch rắn và bằng cách làm tăng độ cứng của ferit ở các điều kiện mà trong đó biến dạng cao được áp dụng. Nếu hàm lượng Mn là nhỏ hơn 1%, thì đôi khi sẽ khó đạt được hiệu quả được tạo ra bởi các chức năng nêu trên. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập là 1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 1,5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Mn vượt quá 3%, thì có trường hợp trong đó mactensit và auxtenit được tạo ra quá mức, dẫn tới độ dai cục bộ bị giảm đáng kể. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập là 3% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 2,5% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng sáng chế bao gồm trường hợp mà trong đó hàm lượng Mn là 1% và trường hợp trong đó hàm lượng Mn là 3%.

(3) Si: lớn hơn 0,5% đến 1,8%

Si có chức năng cải thiện độ dai đồng nhất và độ dai cục bộ bằng cách ngăn chặn sự tạo ra cacbua trong bainit và mactensit, và chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua quá trình tăng bền bằng dung dịch rắn. Nếu hàm lượng Si là 0,5% hoặc nhỏ hơn, thì đôi khi sẽ khó đạt được hiệu quả được tạo ra bởi các chức năng nêu trên. Do đó, lượng Si được thiết lập lớn hơn 0,5%. Lượng Si tốt hơn là 0,8% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 1% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Si vượt quá 1,8%, thì có trường hợp trong đó auxtenit còn lại quá mức, và độ nhạy nứt do va đập trở nên cao đáng kể. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập là 1,8% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 1,5% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 1,3% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp mà trong đó hàm lượng Si là 1,8%.

(4) Al: từ 0,01% đến 0,5%

Al có chức năng ngăn chặn việc sinh ra chất lẫn trong thép qua việc khử oxy, và ngăn ngừa nứt do va đập. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Al nhỏ hơn 0,01%, thì sẽ khó đạt được hiệu quả được tạo ra bởi chức năng nêu trên. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Al lớn hơn 0,5%, thì oxit và nitrit trở nên thô, tạo điều kiện cho việc nứt do va đập, thay vì ngăn ngừa nứt do va đập. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập là 0,5% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp trong đó hàm lượng Al là 0,01% và trường hợp trong đó hàm lượng Al là 0,5%.

(5) N: từ 0,001% đến 0,015%

N có chức năng ngăn chặn sự phát triển hạt của auxtenit và ferit bằng cách tạo ra nitrit, và ngăn chặn nứt do va đập bằng cách làm nhỏ cấu trúc. Tuy nhiên, nếu hàm lượng N mà nhỏ hơn 0,001%, thì sẽ khó đạt được hiệu quả được tạo ra bởi chức năng nêu trên. Do đó, hàm lượng N được thiết lập là 0,001% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng N vượt quá 0,015%, nitrit trở nên thô, tạo điều kiện cho việc nứt do va đập, thay vì ngăn chặn nứt do va đập. Do đó, hàm lượng N được thiết lập là 0,015% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp trong đó hàm lượng N là 0,001% và trường hợp trong đó hàm lượng N là 0,015%.

(6) Ti hoặc tổng của V và Ti: lớn hơn 0,1% đến 0,25%

Ti và V có chức năng tạo ra các cacbua chẳng hạn như TiC và VC trong thép, ngăn chặn sự phát triển của các hạt tinh thể thô qua hiệu quả liên kết chốt đối với sự phát triển hạt của ferit, và ngăn chặn nứt do va đập. Hơn nữa, Ti và V cũng có chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua quá trình tăng bền kết tủa được thực hiện bởi TiC và VC. Nếu hàm lượng của Ti hoặc tổng của V và Ti là 0,1% hoặc nhỏ hơn, thì sẽ khó đạt được các chức năng này. Do đó, hàm lượng của Ti hoặc tổng của V và Ti được thiết lập là lớn hơn 0,1%. Hàm lượng tốt hơn là 0,15% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu

hàm lượng của Ti hoặc tổng của V và Ti mà lớn hơn 0,25%, thì TiC và VC được tạo ra quá mức, làm tăng độ nhạy nứt do va đập, thay vì làm giảm độ nhạy nứt do va đập. Do đó, hàm lượng của Ti hoặc tổng của V và Ti được thiết lập là 0,25% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng tốt hơn là 0,23% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp trong đó hàm lượng của Ti hoặc tổng của V và Ti là 0,25%.

(7) Ti: 0,001% hoặc lớn hơn

Hơn nữa, các chức năng này được thể hiện nhiều hơn đáng kể nếu có chứa Ti 0,001% hoặc lớn hơn. Do đó, điều kiện tiên quyết là có chứa Ti với lượng 0,001% hoặc lớn hơn. Mặc dù hàm lượng V có thể là 0%, nhưng tốt hơn được thiết lập là 0,1% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa được thiết lập là 0,15% hoặc lớn hơn. Trên quan điểm giảm độ nhạy nứt do va đập, hàm lượng V tốt hơn được thiết lập là 0,23% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, hàm lượng Ti tốt hơn được thiết lập là 0,01% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa được thiết lập là 0,007% hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, cũng có thể là một hoặc hai nguyên tố trong số Cr và Mo được chứa làm nguyên tố được chứa tùy chọn.

(8) Cr: từ 0% đến 0,25%

Cr là nguyên tố được chứa tùy chọn, và có chức năng làm tăng độ thấm tôi và tạo điều kiện cho việc tạo ra bainit và mactensit, và chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua việc tăng bền dung dịch rắn. Để đạt được các chức năng này một cách chắc chắn hơn, hàm lượng của Cr tốt hơn là 0,05% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Cr vượt quá 0,25%, pha mactensit được tạo ra quá mức, mà làm tăng độ nhạy nứt do va đập. Do đó, khi có chứa Cr, thì hàm lượng của Cr được thiết lập là 0,25% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp mà trong đó hàm lượng của Cr là 0,25%.

(9) Mo: từ 0% đến 0,35%

Mo, tương tự với Cr, là nguyên tố được chứa tùy chọn, và có chức năng làm tăng độ thấm tôi và tạo điều kiện cho việc tạo ra bainit và mactensit, và

chức năng cải thiện giới hạn chảy và độ bền kéo bằng cách tăng bền thép qua việc tăng bền dung dịch rắn. Để đạt được các chức năng này một cách chắc chắn hơn, hàm lượng Mo tốt hơn là 0,1% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Mo là lớn hơn 0,35%, thì pha mactensit được tạo ra quá mức, mà làm tăng độ nhạy nứt do va đập. Do đó, khi có chứa Mo, hàm lượng của Mo được thiết lập là 0,35% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, sáng chế bao gồm trường hợp trong đó hàm lượng của Mo là 0,35%.

Vật liệu thép theo sáng chế có chứa các nguyên tố được chứa thiết yếu nêu trên, ngoài ra còn chứa các nguyên tố được chứa tùy chọn theo nhu cầu, và có chứa phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất. Đối với chất tạp, chất tạp được chứa trong nguyên liệu thô của quặng, phế liệu và tương tự, và tạp chất được chứa ở bước sản xuất có thể được lấy làm ví dụ. Tuy nhiên, được phép là các thành phần khác được chứa trong khoảng trong đó các đặc tính của vật liệu thép được nhằm được chứa trong sáng chế không bị ngăn cản. Ví dụ, mặc dù P và S được chứa trong thép như các tạp chất, P và S được giới hạn một cách mong muốn theo cách sau.

P: 0,02% hoặc nhỏ hơn

P làm cho biên hạt dễ vỡ, và làm suy giảm khả năng gia công nóng. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng P được thiết lập là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Mong muốn là hàm lượng P càng nhỏ càng tốt, nhưng, dựa vào giả thiết rằng sự khử phospho được thực hiện trong phạm vi của các bước sản xuất và chi phí sản xuất thực tế, giới hạn trên của hàm lượng P là 0,02%. Giới hạn trên mong muốn là 0,015% hoặc nhỏ hơn.

S: 0,005% hoặc nhỏ hơn

S làm cho biên hạt dễ vỡ, và làm giảm khả năng gia công nóng và độ dẻo. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng P được thiết lập là 0,005% hoặc nhỏ hơn. Mong muốn là hàm lượng S càng nhỏ càng tốt, nhưng, dựa vào giả thiết rằng sự khử lưu huỳnh được thực hiện trong phạm vi của các bước sản xuất và chi phí

sản xuất thực tế, giới hạn trên của hàm lượng S là 0,005%. Giới hạn trên mong muốn là 0,002% hoặc nhỏ hơn.

2. Cấu trúc thép

(1) Cấu trúc nhiều pha

Cấu trúc thép theo sáng chế được tạo ra là cấu trúc nhiều pha có ferit với các hạt tinh thể nhỏ làm pha chính, và pha thứ hai bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều thành phần của bainit, mactensit, và auxtenit với các hạt tinh thể nhỏ, để thực hiện cả việc tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả bằng cách đạt được giới hạn chảy cao và hệ số tăng bền cơ học cao ở vùng biến dạng thấp, và khả năng chống nứt do va đập.

Nếu tỷ lệ diện tích của ferit là pha chính là nhỏ hơn 50%, thì độ nhạy nứt do va đập trở nên cao, và đặc tính chống va đập bị giảm. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit là pha chính được thiết lập là 50% hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của tỷ lệ diện tích của ferit không được xác định một cách cụ thể. Nếu tỷ lệ của pha thứ hai bị giảm theo sự tăng về tỷ lệ của ferit là pha chính, độ bền và hệ số tăng bền cơ học bị giảm. Do đó, giới hạn trên của tỷ lệ diện tích của ferit (nói cách khác, giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích của pha thứ hai) được thiết lập theo mức độ bền.

Pha thứ hai có chứa một hoặc hai hoặc nhiều hơn hai loại được chọn từ nhóm bao gồm bainit, mactensit và auxtenit. Có trường hợp trong đó xementi và perlit được chứa theo một cách không tránh khỏi trong pha thứ hai, và cấu trúc không tránh khỏi này được phép được chứa nếu cấu trúc là 5% diện tích hoặc nhỏ hơn. Để làm tăng độ bền, tỷ lệ diện tích của pha thứ hai tốt hơn là 35% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 40% hoặc lớn hơn.

(2) Đường kính hạt trung bình của ferit (pha chính) và pha thứ hai: 3 μm hoặc nhỏ hơn

Trong vật liệu thép là đối tượng của sáng chế, đường kính hạt trung bình của tất cả các hạt tinh thể của ferit và pha thứ hai được thiết lập là 3 μm hoặc nhỏ hơn. Cấu trúc nhỏ này có thể được chứa qua thiết bị trong việc cán và xử lý

nhật, và trong trường hợp đó, cả pha chính và pha thứ hai được tinh chế. Hơn nữa, trong cấu trúc nhỏ này, khó xác định đường kính hạt trung bình liên quan đến mỗi ferit là pha chính và pha thứ hai. Theo đó, trong sáng chế, đường kính hạt trung bình của toàn bộ ferit là pha chính và pha thứ hai, được xác định.

Nếu đường kính hạt trung bình của ferit trong thép có ferit làm pha chính được tinh chế, thì giới hạn chảy được cải thiện, và theo đó, ứng suất chảy dẻo hiệu quả được tăng lên. Nếu đường kính hạt ferit là thô, thì giới hạn chảy trở nên không đạt yêu cầu, và năng lượng chống va đập bị giảm.

Hơn nữa, sự tinh chế pha thứ hai chẳng hạn như bainit, mactensit và auxtenit cải thiện độ dai cục bộ, và ngăn chặn nứt do va đập. Nếu đường kính hạt của pha thứ hai mà lớn, khi tải va đập được tác dụng, thì hiện tượng gãy giòn dễ xảy ra ở pha thứ hai, dẫn tới độ nhạy nứt do va đập trở nên cao.

Do đó, đường kính hạt trung bình nêu trên được thiết lập là 3 μm hoặc nhỏ hơn. Đường kính hạt trung bình tốt hơn là 2 μm hoặc nhỏ hơn. Mặc dù đường kính hạt trung bình nêu trên tốt hơn là nhỏ hơn, nhưng có giới hạn về sự tinh chế của đường kính hạt ferit được thực hiện qua việc cán thông thường và xử lý nhiệt. Hơn nữa, khi pha thứ hai được tinh chế quá mức, thì có trường hợp trong đó độ biến dạng dẻo của pha thứ hai bị giảm, mà làm giảm độ dẻo, thay vì làm tăng độ dẻo. Do đó, đường kính hạt trung bình nêu trên tốt hơn được thiết lập tới 0,5 μm hoặc nhiều.

(3) Tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° theo độ dài của tất cả các biên hạt: 15% hoặc lớn hơn.

Biên hạt đóng vai trò làm một vị trí tạo biến vị, vị trí (bộ phận) triệt tiêu biến vị và vị trí tích tụ biến vị, và gây ảnh hưởng đến khả năng tăng bền cơ học của vật liệu thép. Ngoài các biên hạt, biên hạt góc lớn trong đó sự định hướng lệch là 15° hoặc lớn hơn để trở thành vị trí triệt tiêu các phần biến vị tích tụ. Mặt khác, ở biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15°, sự triệt tiêu biến vị khó xảy ra, mà góp phần làm tăng mật độ biến vị. Do đó, để làm

tăng hệ số tăng bền cơ học ở vùng biến dạng thấp để tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả, cần phải làm tăng tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ nêu trên. Nếu tỷ lệ của độ dài của các biên hạt góc nhỏ nêu trên là nhỏ hơn 15%, thì khó làm tăng hệ số tăng bền cơ học ở vùng biến dạng thấp để tăng ứng suất chảy dẻo hiệu quả. Do đó, tỷ lệ của độ dài của các biên hạt góc nhỏ nêu trên được thiết lập là 15% hoặc lớn hơn. Tỷ lệ tốt hơn là 20% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 25% hoặc lớn hơn. Mặc dù tốt hơn là tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ được nêu trên càng cao càng tốt, có giới hạn về tỷ lệ của mật phân cách góc nhỏ có khả năng được bao gồm trong đa tinh thể thường. Cụ thể là, có thể thiết lập tỷ lệ của độ dài của các biên hạt góc nhỏ được nêu trên tới 70% hoặc nhỏ hơn.

Tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ được xác định bằng cách tiến hành phân tích EBSD (electron backscatter diffraction - nhiễu xạ khuếch tán ngược điện tử) ở vị trí 1/4 độ sâu theo độ dày tấm của mặt cắt ngang song song với chiều cán của tấm thép. Trong phân tích EBSP, vài chục nghìn vùng đo trên bề mặt của mẫu được ánh xạ ở các khoảng cách đều nhau trong mẫu lưới, và định hướng tinh thể được xác định trong mỗi lưới. Ở đây, biên mà ở đó sự định hướng lệch của các tinh thể giữa các lưới liên kề là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, và vùng được bao quanh bởi biên hạt được xác định là hạt tinh thể. Nếu sự định hướng lệch là nhỏ hơn 2° , biên hạt rõ ràng không được tạo ra. Ngoài tất cả các biên hạt, biên hạt trong đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° được xác định là biên hạt góc nhỏ, và tỷ lệ của độ dài của các biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° đối với độ dài của tổng các biên hạt được xác định. Lưu ý rằng, về đường kính hạt trung bình của ferit (pha chính) và pha thứ hai, số lượng các hạt tinh thể được xác định theo cách tương tự (các vùng mà mỗi vùng được bao quanh bởi biên hạt trong đó sự định hướng lệch là 2° hoặc nhiều) được tính theo diện tích đơn vị, và dựa vào diện tích trung bình của các hạt tinh thể, đường kính hạt trung bình có thể được xác định là đường kính tròn tương đương.

(4) Độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai: nhỏ hơn 6,0 GPa

Khi độ cứng của pha thứ hai chẳng hạn như bainit, mactensit và auxtenit được tăng, độ dai cục bộ bị giảm. Cụ thể, nếu độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai vượt quá 6,0 GPa, độ nhạy nứt do va đập được tăng do sự giảm về độ dai cục bộ. Do đó, độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai được thiết lập là 6,0 GPa hoặc nhỏ hơn.

Ở đây, độ cứng nanô là giá trị thu được bằng cách đo độ cứng nanô trong hạt của mỗi pha hoặc cấu trúc bằng cách sử dụng vết lõm nanô. Theo sáng chế, dụng cụ tạo lõm góc hình lập phương được sử dụng, và đạt được độ cứng nanô dưới tải tạo lõm 1000 μ N được áp dụng. Độ cứng của pha thứ hai mong muốn là thấp để cải thiện độ dai cục bộ, nhưng, nếu pha thứ hai được làm mềm quá mức, thì độ bền vật liệu bị giảm. Do đó, độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai tốt hơn là lớn hơn 3,5 GPa, và tốt hơn nữa là lớn hơn 4,0 GPa.

3. Phương pháp sản xuất

Để thu được vật liệu thép theo sáng chế, tốt hơn là VC và TiC được kết tủa một cách thích hợp ở bước cán nóng và quy trình tăng nhiệt độ ở bước xử lý nhiệt, sự phát triển của các hạt tinh thể thô được ngăn chặn bởi hiệu quả liên kết chốt được tạo ra bởi VC và TiC, và sự tối ưu hóa của cấu trúc nhiều pha được đạt nhờ xử lý nhiệt sau đó. Để đạt được điều này, tốt hơn là thực hiện việc sản xuất bằng phương pháp sản xuất sau.

(1) Bước cán nóng và bước làm nguội

Phôi tấm có thành phần hóa học nêu trên được thiết lập để có nhiệt độ là 1200°C hoặc lớn hơn, được tiến hành cán nhiều lần ở tỷ lệ giảm tổng là 50% hoặc lớn hơn, và việc cán nóng được hoàn thành ở vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 800°C mà cũng không lớn hơn 950°C. Sau khi hoàn thành việc cán nóng, sản phẩm được cán ở tốc độ làm nguội là 600°C/giây hoặc nhiều hơn, và sau khi hoàn thành việc cán, sản phẩm được làm nguội tới vùng nhiệt độ 700°C hoặc thấp hơn trong thời gian 0,4 giây (việc làm nguội này còn được gọi là làm nguội sơ bộ), và sau đó được duy trì trong thời gian 0,4 giây hoặc lâu hơn ở vùng nhiệt

độ không nhỏ hơn 600°C mà cũng không lớn hơn 700°C . Sau đó, sản phẩm được làm nguội tới vùng nhiệt độ là 500°C hoặc thấp hơn ở tốc độ làm nguội thấp hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (việc làm nguội này còn được gọi là làm nguội thứ cấp), và sau đó được làm nguội thêm tới nhiệt độ phòng ở tốc độ làm nguội là $0,03^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc ít hơn, nhờ đó thu được tấm thép cán nóng. Việc làm nguội cuối cùng ở tốc độ làm nguội là $0,03^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc chậm hơn là việc làm nguội được thực hiện lên tấm thép mà được cuộn ở trạng thái cuộn, vì vậy trong trường hợp trong đó tấm thép là dải thép, bằng cách cuộn dải thép sau khi làm nguội thứ cấp, việc làm nguội cuối cùng ở tốc độ làm nguội là $0,03^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc chậm hơn được đạt.

Ở đây, ở bước làm nguội sơ cấp nêu trên, sau khi việc cán nóng được hoàn thành thực tế, việc làm nguội nhanh được tiến hành tới vùng nhiệt độ 700°C hoặc thấp hơn trong thời gian 0,4 giây. Sự hoàn thành việc cán nóng thực tế có nghĩa là rãnh cán mà ở đó việc cán thực tế được tiến hành cuối cùng, khi cán các rãnh cán được tiến hành khi kết thúc việc cán nóng. Ví dụ, trong trường hợp mà trong đó việc giảm cuối cùng thực tế được thực hiện trong rãnh cán ở phía trên của máy cán tinh, và việc cán thực tế không được thực hiện trong rãnh cán ở phía dưới của máy cán tinh, việc làm nguội nhanh (làm nguội sơ cấp) được tiến hành tới vùng nhiệt độ 700°C hoặc thấp hơn trong thời gian 0,4 giây sau khi việc cán ở rãnh cán ở phía trên được hoàn thành. Hơn nữa, ví dụ, trong trường hợp trong đó việc cán thực tế được thực hiện tới khi rãnh cán đạt tới rãnh cán ở phía dưới của máy cán tinh, thì việc làm nguội nhanh (làm nguội sơ cấp) được tiến hành tới vùng nhiệt độ 700°C hoặc thấp hơn trong thời gian 0,4 giây sau khi việc cán ở rãnh cán ở phía dưới được hoàn thành. Lưu ý rằng, việc làm nguội sơ cấp được tiến hành một cách cơ bản bằng ống gió làm nguội được bố trí trên bàn đầu ra, nhưng, cũng có thể được tiến hành bằng ống gió làm nguội đứng trung gian được bố trí giữa các rãnh cán tương ứng của máy cán tinh.

Mỗi tốc độ làm nguội ($600^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn) ở bước làm nguội sơ

cấp nêu trên và tốc độ làm nguội (thấp hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) ở bước làm nguội thứ cấp nêu trên được thiết lập dựa vào nhiệt độ của bề mặt của mẫu (nhiệt độ bề mặt của tấm thép) được đo bằng thiết bị đo nhiệt. Tốc độ làm nguội (tốc độ làm nguội trung bình) của toàn bộ tấm thép trong việc làm nguội sơ cấp nêu trên được ước tính là khoảng $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn, kết quả của việc chuyển đổi từ tốc độ làm nguội ($600^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn) dựa vào nhiệt độ bề mặt.

Nhờ bước cán nóng và bước làm nguội nêu trên, đạt được tấm thép cán nóng trong đó cacbua của V (VC) và cacbua của Ti (TiC) được kết tủa ở mật độ cao ở biên hạt ferit. Tốt hơn là đường kính hạt trung bình của VC và TiC là 10 nm hoặc lớn hơn, và khoảng cách giữa các hạt trung bình của VC và TiC là 2 μm hoặc nhỏ hơn.

(2) Bước cán nguội

Tấm thép cán nóng thu được bằng bước cán nóng và bước làm nguội nêu trên có thể được tiến hành trực tiếp tới bước xử lý nhiệt được mô tả sau đây, nhưng, cũng có thể được tiến hành tới bước xử lý nhiệt được mô tả sau đây sau khi được tiến hành cán nguội.

Khi việc cán nguội được thực hiện lên tấm thép cán nóng thu được bằng bước cán nóng và bước làm nguội nêu trên, việc cán nguội ở tỷ lệ giảm không nhỏ hơn 30% mà cũng không lớn hơn 70% được thực hiện, để nhờ đó thu được tấm thép cán nguội.

(3) Bước xử lý nhiệt (các bước (C1) và (C2))

Nhiệt độ của tấm thép cán nóng thu được bằng bước cán nóng và bước làm nguội nêu trên hoặc tấm thép cán nguội thu được bằng bước cán nguội nêu trên được tăng tới vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 750°C mà cũng không lớn hơn 920°C ở tốc độ tăng nhiệt độ trung bình không nhỏ hơn $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ mà cũng không lớn hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tấm thép được giữ lại ở vùng nhiệt độ trong khoảng thời gian không nhỏ hơn 20 giây mà cũng không lớn hơn 100 giây (ủ

trên Fig.1). Sau đó, xử lý nhiệt trong đó sản phẩm được làm nguội tới vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 440°C mà cũng không lớn hơn 550°C ở tốc độ làm nguội trung bình không nhỏ hơn $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ mà cũng không lớn hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và được giữ lại ở vùng nhiệt độ trong khoảng thời gian không nhỏ hơn 30 giây mà cũng không lớn hơn 150 giây, được thực hiện (từ hóa già 1 đến hóa già 3 trên Fig.1).

Nếu tốc độ tăng nhiệt độ trung bình nêu trên là nhỏ hơn $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì sự phát triển hạt của ferit xảy ra trong quá trình tăng nhiệt độ, làm cho các hạt tinh thể trở nên thô. Mặt khác, nếu tốc độ tăng nhiệt độ trung bình nêu trên là lớn hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì sự kết tủa của VC và TiC trong quá trình tăng nhiệt độ trở nên không đạt yêu cầu, làm cho đường kính hạt tinh thể trở nên thô, thay vì trở nên mịn.

Nếu nhiệt độ được duy trì sau việc tăng nhiệt độ nêu trên là nhỏ hơn 750°C hoặc cao hơn 920°C , thì khó đạt được cấu trúc nhiều pha theo dự định.

Nếu tốc độ làm nguội trung bình nêu trên là nhỏ hơn $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì lượng ferit trở nên quá mức, và khó đạt được độ bền đạt yêu cầu. Mặt khác, nếu tốc độ làm nguội trung bình nêu trên là lớn hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, pha thứ hai cứng được tạo ra quá mức, dẫn tới độ nhạy nứt do va đập bị tăng lên.

Sự duy trì sau việc làm nguội nêu trên là quan trọng để tạo điều kiện cho việc hóa mềm của pha thứ hai để đảm bảo độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai là nhỏ hơn 6,0 GPa. Trong trường hợp trong đó điều kiện sao cho sự duy trì được thực hiện trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 440°C mà cũng không lớn hơn 550°C trong khoảng thời gian không nhỏ hơn 30 giây mà cũng không lớn hơn 150 giây, không được thỏa mãn, khó đạt được đặc tính mong muốn của pha thứ hai. Không cần phải thiết lập nhiệt độ tới nhiệt độ cố định trong khi duy trì, và nhiệt độ có thể được thay đổi liên tục hoặc theo các giai đoạn miễn là nằm trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 440°C mà cũng không lớn hơn 550°C (xem hóa già 1 đến hóa già 3 được minh họa trên Fig.1 chẳng hạn). Từ quan điểm kiểm soát biên hạt góc nhỏ và các kết tủa của V và Ti, nhiệt độ tốt hơn là được

thay đổi theo các giai đoạn. Cụ thể là, việc xử lý nêu trên là xử lý tương ứng với xử lý hóa già trong việc ủ liên tục, trong đó ở giai đoạn ban đầu của bước xử lý hóa già, tốt hơn là tăng tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ bằng cách thực hiện việc duy trì trong vùng nhiệt độ bainit bên trên. Cụ thể là, tốt hơn là thực hiện duy trì trong vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 480°C mà cũng không lớn hơn 580°C . Sau đó, để khiến Ti và V được duy trì trong pha ferit và pha thứ hai theo cách siêu bão hòa, việc duy trì được thực hiện ở vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 440°C mà cũng không lớn hơn 480°C để tạo ra nhân kết tủa, và sau đó việc duy trì được thực hiện ở vùng nhiệt độ không nhỏ hơn 480°C mà cũng không lớn hơn 550°C để tăng lượng kết tủa. Cacbua mịn chẳng hạn như VC được kết tủa ở pha ferit và pha thứ hai cải thiện ứng suất chảy dẻo hiệu quả, vì vậy mong muốn là gây ra kết tủa ở mật độ cao qua việc xử lý hóa già nêu trên.

Tấm thép cán nóng hoặc tấm thép cán nguội được sản xuất như trên có thể được sử dụng làm vật liệu thép theo sáng chế, hoặc tấm thép, được cắt từ tấm thép cán nóng hoặc tấm thép cán nguội, mà việc gia công thích hợp trên đó chẳng hạn như uốn cong và gia công ép được thực hiện theo nhu cầu, cũng có thể được sử dụng làm vật liệu thép theo sáng chế. Hơn nữa, vật liệu thép theo sáng chế cũng có thể là chính tấm thép, hoặc tấm thép mà trên đó việc mạ được thực hiện sau khi gia công. Việc mạ có thể là mạ điện hoặc nhúng nóng, và mặc dù không có giới hạn nào về kiểu mạ, nhưng kiểu mạ thông thường là mạ kẽm hoặc hợp kim kẽm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thí nghiệm được tiến hành bằng cách sử dụng các phôi tấm (mỗi phôi tấm có độ dày là 35 mm, độ rộng là từ 160 đến 250 mm, và độ dài là từ 70 đến 90 mm) có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1. Trong bảng 1, “-” có nghĩa là nguyên tố không được chứa một cách tích cực. Dấu gạch chân biểu thị rằng giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Thép loại E là ví dụ so sánh trong đó tổng hàm lượng của V và Ti là nhỏ hơn giá trị giới hạn dưới. Thép loại

F là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng của Ti là nhỏ hơn giá trị giới hạn dưới. Thép loại H là ví dụ so sánh trong đó hàm lượng của Mn là nhỏ hơn giá trị giới hạn dưới. Trong mỗi loại thép này, 150 kg thép nóng chảy được sản xuất trong chân không được đúc, sản phẩm sau đó được gia nhiệt ở nhiệt độ lò là 1250°C, và được tiến hành rèn nóng ở nhiệt độ là 950°C hoặc cao hơn, để nhờ đó thu được phôi tấm.

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa học (đơn vị %, phần còn lại: Fe và các tạp chất)										
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Ti	Al	N
A	0,12	1,24	2,05	0,008	0,002	0,12	-	0,20	0,005	0,033	0,0024
B	0,15	1,25	2,01	0,010	0,002	0,15	-	0,20	0,005	0,035	0,0035
C	0,12	1,2	2,20	0,011	0,002	0,15	-	0,20	0,006	0,035	0,0031
D	0,12	1,23	2,01	0,009	0,002	0,20	0,20	0,15	0,005	0,030	0,0025
E	0,12	1,25	2,01	0,009	0,002	0,15	-	0,05	0,005	0,032	0,0026
F	0,12	1,23	2,25	0,011	0,002	0,15	-	0,20	=	0,035	0,0045
G	0,07	0,55	1,98	0,010	0,002	-	-	-	0,12	0,035	0,0032
H	0,15	1,55	0,5	0,009	0,001	0,15	-	0,20	0,005	0,033	0,0025
I	0,15	1,52	3,5	0,012	0,002	0,15	-	0,20	0,004	0,035	0,0035
J	0,15	0,72	2,02	0,010	0,001	0,15	-	0,20	0,005	0,35	0,0025

Mỗi trong số các phôi tấm nêu trên được gia nhiệt lại ở nhiệt độ 1250°C trong thời gian 1 giờ, và sau đó, sản phẩm được tiến hành cán nóng thô trong 4 rãnh bằng cách sử dụng máy thử nghiệm cán nóng, sản phẩm còn được tiếp hành thêm cán nóng hoàn thiện trong 3 rãnh, và sau khi hoàn thành việc cán, việc làm nguội sơ bộ và làm nguội trong hai giai đoạn được tiến hành, để nhờ đó thu được tấm thép cán nóng. Các điều kiện cán nóng được thể hiện trong bảng 2. Việc làm nguội sơ cấp và làm nguội thứ cấp ngay sau khi hoàn thành việc cán được tiến hành bằng cách làm nguội bằng nước. Bằng cách hoàn thành việc làm nguội sơ cấp ở nhiệt độ cán được thể hiện trong bảng, và cho phép cuộn nguội, việc làm nguội tới nhiệt độ phòng ở tốc độ làm nguội là $0,03^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc ít hơn được thực hiện. Độ dày tấm của các tấm thép cán nóng được thiết lập là 2 mm.

Bảng 2

Thứ nghịem số	Loại thép	Cán nóng			Làm nguội sơ cấp			Làm nguội thứ cấp		Độ dày tấm của thép cán nóng (mm)	
		Cán thô	Cán nóng kết thúc		Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ ngừng làm nguội (°C)	Khoảng thời gian từ lúc hoàn thành việc cán tới lúc bắt đầu làm nguội (giây)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)		
			Số lượng các rãnh cán	Tỷ lệ giảm trong mỗi rãnh cán							Nhiệt độ cán kết thúc (°C)
1	A	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
2											
3											
4							1,2				
5											
6							0,1				
7											
8	B	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
9	C	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
10	D	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
11	E	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
12	F	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
13	G	83	3	33%-33%-33%	> 1000	650	0,1	70	450	2	
14	H	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
15	I	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	
16	J	83	3	30%-30%-30%	> 1000	650	0,1	70	400	2	

Một phần của các tấm thép cán nóng được tiến hành cán nguội, và sau đó tất cả các tấm thép được tiến hành xử lý nhiệt bằng cách sử dụng thiết bị mô phỏng ủ liên tục với sơ đồ nhiệt được thể hiện trên Fig.1 và trong các điều kiện được thể hiện trong bảng 3. Trong các ví dụ này, lý do tại sao sự duy trì nhiệt độ (được gọi là hóa già trong các ví dụ) sau khi làm nguội được thực hiện từ nhiệt độ ủ được tiến hành ở ba giai đoạn có các nhiệt độ khác nhau như được thể hiện trên Fig.1 và bảng 3, là bởi vì tỷ lệ của các biên hạt góc nhỏ và mật độ kết tủa của VC cacbua được tạo ra tăng lên.

Bảng 3

Thứ nghị số	Tỷ lệ giảm tổng khí cán ngươi	Các điều kiện ủ liên tục									
		Các điều kiện ủ				Các điều kiện hóa già (①→②→③)					
		Tốc độ tăng nhiệt độ (°C/giây)	Nhiệt độ ủ (°C)	Thời gian ủ (giờ)	Tốc độ làm nguội (°C/giây)	Nhiệt độ hóa già ① (°C)	Thời gian hóa già ① (giờ)	Nhiệt độ hóa già ② (°C)	Thời gian hóa già ② (giờ)	Nhiệt độ hóa già ③ (°C)	Thời gian hóa già ③ (giờ)
1	Không	10	770	30	10	500	40	460	22	520	15
2	50%	10	770	30	10	500	40	460	22	520	15
3	50%	10	850	30	10	500	40	460	22	520	15
4	50%	10	770	30	40	400	40	460	22	520	15
5	50%	10	850	30	40	400	40	460	22	520	15
6	50%	10	770	30	10	500	40	460	22	520	15
7	50%	10	770	30	10	500	40	460	22	520	15
8	50%	10	800	30	10	500	40	460	22	520	15
9	50%	10	800	30	10	500	40	460	22	520	15
10	50%	10	800	30	10	500	40	460	22	520	15
11	50%	10	800	30	10	500	40	460	22	520	15
12	50%	10	800	30	10	500	40	460	22	520	15
13	50%	10	850	30	10	460	40	460	22	500	15
14	50%	10	850	30	10	460	40	460	22	500	15
15	50%	10	850	30	10	460	40	460	22	500	15
16	50%	10	870	30	10	460	40	460	22	500	15

Về các tấm thép cán nóng và các tấm thép cán nguội thu được như trên, việc kiểm tra dưới đây được tiến hành.

Trước hết, mẫu thử nghiệm kéo JIS số 5 được thu thập từ tấm thép thử nghiệm theo chiều vuông góc với chiều cán, và được tiến hành thử nghiệm kéo, nhờ đó xác định ứng suất chảy dẻo 5%, độ bền kéo lớn nhất (tensile strength - TS), và độ kéo dài đồng nhất (uniform elongation - u-El). Ứng suất chảy dẻo 5% thể hiện ứng suất khi sự biến dạng dẻo xảy ra trong đó biến dạng là 5% trong thử nghiệm kéo, ứng suất chảy dẻo 5% có tương quan tỷ lệ với ứng suất chảy dẻo hiệu quả, và là hệ số của ứng suất chảy dẻo hiệu quả.

Thử nghiệm mở rộng lỗ được tiến hành để xác định tỷ lệ mở rộng lỗ dựa vào tiêu chuẩn của liên đoàn sắt thép Nhật Bản (Japan Iron and Steel Federation standard) JFST 1001-1996 ngoại trừ việc gia công khoét lỗ được thực hiện trên lỗ được gia công máy để loại bỏ sự ảnh hưởng của hư hại của mặt đầu.

Phân tích EBSD được tiến hành ở vị trí 1/4 độ dày theo độ dày tấm của mặt cắt ngang song song với chiều cán của tấm thép. Trong phân tích EBSD, biên ở đó sự định hướng lệch của các tinh thể là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, đường kính hạt trung bình được xác định mà không phân biệt giữa pha chính và pha thứ hai, và bản đồ định hướng lệch bề mặt biên hạt được tạo ra. Ngoài tất cả các biên hạt, biên hạt ở đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° được xác định là biên hạt góc nhỏ, và tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ tại đó sự định hướng lệch là từ 2° đến nhỏ hơn 15° đối với độ dài của tổng các biên hạt được xác định. Hơn nữa, tỷ lệ diện tích của ferit được xác định từ bản đồ chất lượng ảnh thu được bởi phân tích này.

Độ cứng nanô của pha thứ hai được xác định bằng phương pháp tạo lõm nanô. Mẫu thử mặt cắt được thu thập theo chiều song song với chiều cán ở vị trí 1/4 độ dày theo độ dày tấm được đánh bóng bằng giấy ráp, sản phẩm được tiến hành đánh bóng cơ hóa học sử dụng silic oxit keo, và sau đó còn được tiến hành đánh bóng điện phân để loại bỏ lớp gia công, và sau đó sản phẩm được tiến hành

thử nghiệm. Việc tạo lõm nanô được tiến hành bằng cách sử dụng dụng cụ tạo lõm góc hình lập phương dưới tải tạo lõm là 1000 μN . Kích thước tạo lõm tại thời điểm này có đường kính 0,5 μm hoặc nhỏ hơn. Độ cứng của pha thứ hai của mỗi mẫu được đo ở 20 điểm được chọn ngẫu nhiên, và độ cứng nanô trung bình của mỗi mẫu được xác định.

Hơn nữa, chi tiết ống hình vuông được tạo ra bằng cách sử dụng mỗi trong số các tấm thép nêu trên, và thử nghiệm ép trục được tiến hành ở tốc độ va chạm theo chiều trục là 64 km/giờ, để nhờ đó đánh giá khả năng chống va chạm. Hình dạng của mặt cắt vuông góc với chiều trục của chi tiết ống hình vuông được thiết lập thành hình bát giác đều, và độ dài theo chiều trục của chi tiết ống hình vuông được thiết lập là 200 mm. Việc đánh giá được tiến hành ở điều kiện trong đó mỗi chi tiết được thiết lập để có độ dày tấm là 1 mm, và độ dài của một phía của hình bát giác đều nêu trên (độ dài của phần thẳng ngoại trừ phần cong của phần góc) (W_p) là 16 mm. Hai trong số các chi tiết ống hình vuông này được tạo ra từ mỗi trong số các tấm thép, và được tiến hành thử nghiệm ép trục. Việc đánh giá được tiến hành dựa vào tải trung bình khi việc ép trục xảy ra (giá trị trung bình của hai lần thử nghiệm) và tỷ lệ uốn dọc ổn định. Tỷ số uốn ổn định tương ứng với tỷ lệ của số lượng các thân thử nghiệm trong đó không xảy ra nứt trong thử nghiệm ép trục, đối với số lượng của tất cả thân thử nghiệm. Nói chung, khả năng trong đó vết nứt xảy ra ở phần giữa của phần ép được tăng khi năng lượng chống va đập được tăng lên, dẫn tới tải làm việc biến dạng dẻo không thể được tăng, và có trường hợp trong đó năng lượng chống va đập không thể được tăng. Cụ thể, bất kể tải ép trung bình (khả năng chống va đập) cao như thế nào, vẫn không thể thể hiện độ chống va đập cao trừ khi tỷ số uốn ổn định là tốt.

Các kết quả kiểm tra nêu trên (cấu trúc thép, các đặc tính cơ học, và các đặc tính ép trục) được thể hiện tổng hợp trong bảng 4.

Ngoài ra, mối tương quan của độ cứng của pha thứ hai và tỷ số uốn ổn định đối với đường kính hạt trung bình của mỗi trong số các thử nghiệm từ 1 đến 16,

được minh họa bằng đồ thị trên Fig.2. Fig.3 là biểu đồ minh họa mối tương quan giữa đường kính hạt và tải ép trung bình.

Bảng 4

Thứ nghị số	Cấu trúc					Các đặc tính kéo và mở rộng lỗ			Khả năng mở rộng lỗ (%)	Đặc tính ép trục	
	Kết cấu	Tỷ lệ của pha ferit (%)	Đường kính hạt trung bình (μm)	Tỷ lệ của mặt phân tách góc nhỏ (%)	Độ cứng trung bình của pha thứ hai (GPa)	Ứng suất chảy dẻo 5% (MPa)	Ứng suất kéo lớn nhất (MPa)	Độ kéo dài đồng nhất (%)		Tải trọng ép trục bình bình (kN/mm ²)	Hệ số uốn ổn định
1	α+B+γ	68	0,8	25	4,7	1055	1067	10,5	115	0,37	2/2
2	α+B+γ	60	1,1	31	4,8	1022	1055	10,9	108	0,345	2/2
3	α+B+γ	62	1,4	28	4,6	975	1038	11,1	112	0,33	2/2
4	α+B+M	60	1,5	24	6,5	977	1028	12,3	84	0,3	1/2
5	B+M	<10	-	55	8,7	950	1015	9,9	75	0,32	0/2
6	α+B+γ	55	3,5	8	5,5	788	1035	12,5	65	0,28	0/2
7	α+B+γ	45	2,8	26	6,5	801	1028	10,7	68	0,3	0/2
8	α+B+γ	60	1,2	28	4,6	1034	1052	10,5	120	0,35	2/2
9	α+B+γ	65	1,1	32	4,3	1016	1048	10,7	105	0,34	2/2
10	α+B+γ	63	1,4	29	4,7	976	1034	11,0	105	0,33	2/2
11	α+B+γ	55	4,3	12	7,7	713	998	12,5	78	0,275	1/2
12	α+B+γ	57	3,5	14	8,6	805	1003	9,8	84	0,28	0/2
13	α+B	70	2,9	27	5,8	855	980	9,8	116	0,29	2/2
14	α	>90	4,3	15	-	532	623	20,5	135	0,18	2/2
15	M+α+B	<10	-	45	9,5	1223	1225	1,5	25	0,22	0/2
16	α+B+γ	65	1,3	30	4,6	978	1055	10,9	111	0,33	2/2

Như có thể được hiểu từ bảng 4, Fig.2 và Fig.3, trong vật liệu thép theo sáng chế, tải trung bình khi sự ép trực xảy ra là lớn tới $0,29 \text{ kJ/mm}^2$ hoặc lớn hơn. Hơn nữa, đặc tính ép trực tốt được thể hiện sao cho tỷ số uốn ổn định là 2/2. Do đó, vật liệu thép theo sáng chế thích hợp được sử dụng làm vật liệu của hộp ép nêu trên, thanh dọc sườn xe, trụ bảo vệ giữa, đòn cân bằng và các chi tiết tương tự.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau:

C: lớn hơn 0,05% đến 0,2%,

Mn: 1% đến 3%,

Si: lớn hơn 0,72% đến 1,8%,

Al: 0,01% đến 0,5%,

N: 0,001% đến 0,015%,

Ti: lớn hơn 0,1% đến 0,25%,

Cr: 0% đến 0,25%,

Mo: 0% đến 0,35%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất, vật liệu thép bao gồm:

cấu trúc thép là cấu trúc nhiều pha có pha chính được làm từ ferit chiếm 50% diện tích hoặc lớn hơn, và pha thứ hai chứa một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được lựa chọn từ nhóm bao gồm bainit, mactensit và auxtenit, trong đó:

độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai nhỏ hơn 6,0 GPa;

biên tại đó sự định hướng lệch của các tinh thể là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, vùng được bao quanh bởi biên hạt được xác định là hạt tinh thể, đường kính hạt trung bình của tất cả các hạt tinh thể trong pha chính và pha thứ hai là 3 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ trong đó sự định hướng lệch là từ 2° tới nhỏ hơn 15° về độ dài của tất cả các biên hạt là 15% hoặc lớn hơn;

đường kính hạt trung bình của TiC là 10 nm hoặc lớn hơn; và

khoảng cách giữa các hạt trung bình của TiC là 2 μm hoặc nhỏ hơn.

2. Vật liệu thép theo điểm 1, trong đó:

một hoặc hai nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Cr: 0,05% đến 0,25%, và Mo: 0,1% đến 0,35% được chứa, tính theo % khối lượng.

3. Vật liệu thép có thành phần hóa học chứa, tính theo % khối lượng, các nguyên tố sau:

C: lớn hơn 0,05% đến 0,2%,

Mn: 1% đến 3%,

Si: lớn hơn 0,5% đến 1,8%,

Al: 0,01% đến 0,5%,

N: 0,001% đến 0,015%,

tổng của V và Ti: lớn hơn 0,1% đến 0,25%,

Ti: 0,001% hoặc lớn hơn,

V: 0,1% hoặc lớn hơn,

Cr: 0% đến 0,25%,

Mo: 0% đến 0,35%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất, vật liệu thép bao gồm:

cấu trúc thép là cấu trúc nhiều pha có pha chính được làm từ ferit chiếm 50% diện tích hoặc lớn hơn, và pha thứ hai chứa một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được lựa chọn từ nhóm bao gồm bainit, mactensit và auxtenit, trong đó:

độ cứng nanô trung bình của pha thứ hai nhỏ hơn 6,0 GPa; và

khi biên trong đó sự định hướng lệch của các tinh thể là 2° hoặc lớn hơn được xác định là biên hạt, và vùng được bao quanh bởi biên hạt được xác định là hạt tinh thể, đường kính hạt trung bình của tất cả các hạt tinh thể trong pha chính và pha thứ hai là 3 μm hoặc nhỏ hơn, và tỷ lệ về độ dài của các biên hạt góc nhỏ trong đó sự định hướng lệch là từ 2° tới nhỏ hơn 15° theo độ dài của tất cả các biên hạt là 15% hoặc lớn hơn;

đường kính hạt trung bình của VC và TiC là 10 nm hoặc lớn hơn; và

khoảng cách giữa các hạt trung bình của VC và TiC là 2 μm hoặc nhỏ hơn.

FIG.1

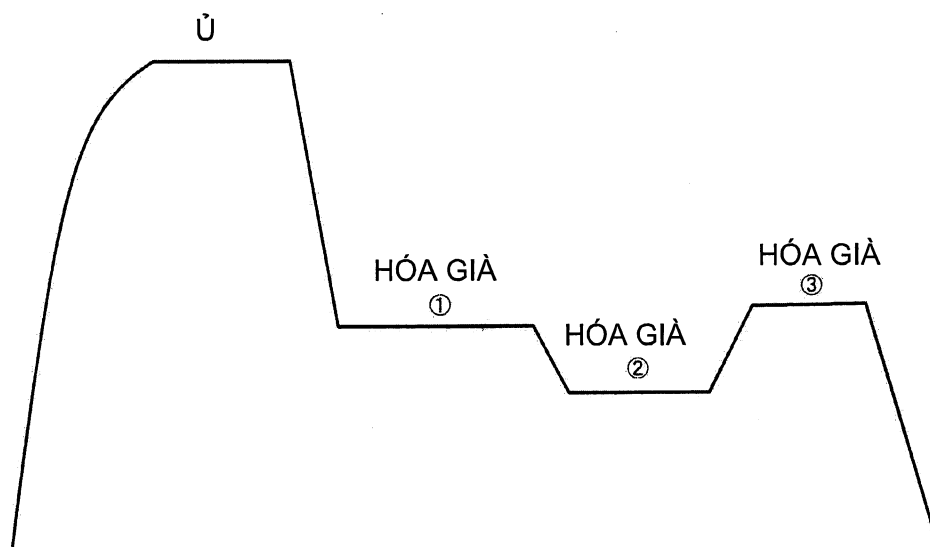


FIG.2

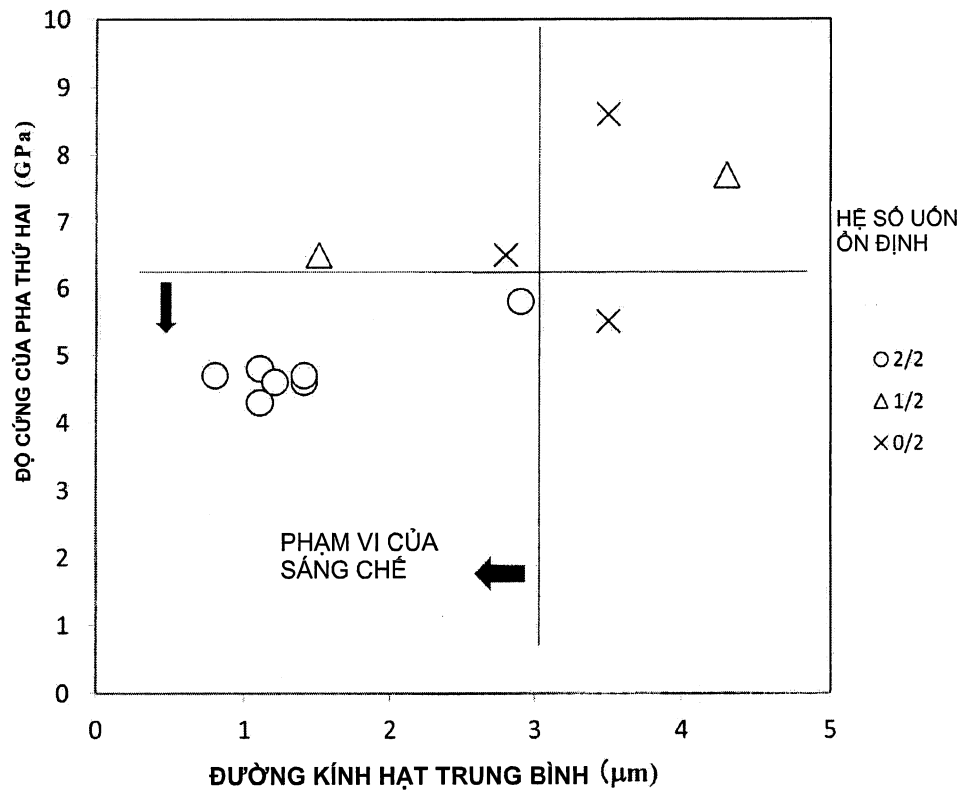


FIG.3

