



(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

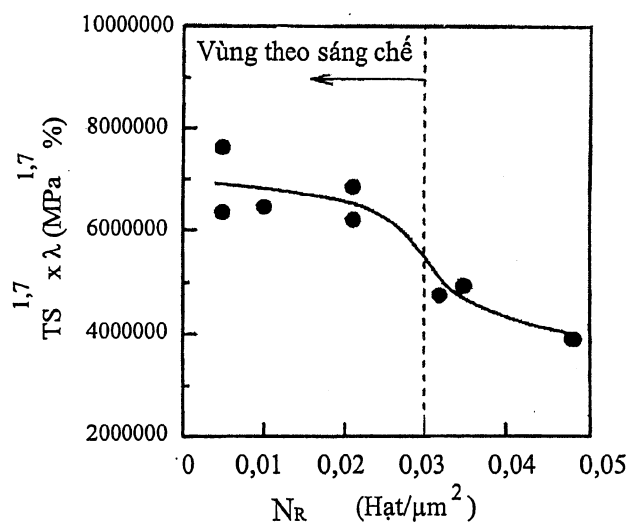
(11) 
1-0021584

(51)⁷ C22C 38/00, 38/06, 38/38, C21D 9/46 (13) B

- (21) 1-2014-00282 (22) 27.06.2012
(86) PCT/JP2012/066380 27.06.2012 (87) WO2013/005618A1 10.01.2013
(30) 2011-150239 06.07.2011 JP
2011-150240 06.07.2011 JP
2011-150245 06.07.2011 JP
(45) 26.08.2019 377 (43) 25.04.2014 313
(73) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) HAGA Jun (JP), NISHIO Takuya (JP), WAKITA Masayuki (JP), TANAKA Yasuaki
(JP), IMAI Norio (JP), TOMIDA Toshiro (JP)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao, có độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời, và có độ bền kéo bằng 780 MPa hoặc lớn hơn, chứa các thành phần hóa học sau (tính theo % khối lượng): C: lớn hơn 0,020% đến nhỏ hơn 0,30%, Si: lớn hơn 0,10% đến 3,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: lớn hơn 1,00% đến 3,50% hoặc nhỏ hơn; và cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư. Austenit dư này có tỷ lệ thể tích tính theo toàn bộ cấu trúc là lớn hơn 4,0% đến nhỏ hơn 25,0% và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 0,80 μm , và đối với austenit dư, mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn, là $3,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ngày nay, khi lĩnh vực công nghệ trong công nghiệp được chuyên môn hóa sâu, thì vật liệu được sử dụng trong mỗi lĩnh vực công nghệ cần có tính năng cao và đặc trưng. Ví dụ, đối với tấm thép cán nguội, mà được tạo hình ép và được đưa vào sử dụng, thì đặc tính dễ tạo hình tuyệt vời hơn được yêu cầu với sự đa dạng của các hình dạng ép. Ngoài ra, khi độ bền kéo cao được yêu cầu, thì việc sử dụng tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao đã được nghiên cứu. Cụ thể, đối với tấm thép để chế tạo ô tô, để làm giảm trọng lượng phần thân xe và nhờ đó tiết kiệm được nhiên liệu xét đến khía cạnh môi trường toàn cầu, nhu cầu đối với tấm thép cán nguội mỏng, độ bền kéo cao, có đặc tính dễ tạo hình cao đã gia tăng đáng kể. Trong quá trình tạo hình ép, khi độ dày của tấm thép được sử dụng là nhỏ hơn, thì vết rạn nứt và vết nhăn có thể xuất hiện. Do đó, tấm thép có độ dẻo và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời hơn nữa được yêu cầu. Tuy nhiên, đặc tính tạo hình bằng cách ép và đặc tính gia cường của tấm thép là các đặc tính trái ngược nhau, và do đó khó có thể thỏa mãn cùng một lúc các đặc tính này.

Để làm phương pháp tăng cường đặc tính tạo hình bằng cách ép tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao, nhiều kỹ thuật liên quan đến việc làm mịn hạt của vi cấu trúc đã được đề xuất. Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng hạt rất mịn có độ bền kéo cao, mà được qua quy trình cán với tổng tỷ lệ cán bằng 80% hoặc lớn hơn trong khoảng nhiệt độ xung quanh điểm Ar_3 trong quy trình cán nóng. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ phương pháp sản xuất thép ferit siêu mịn, mà được cán liên tục với tỷ lệ cán bằng 40% hoặc lớn hơn trong quy trình cán nóng.

Bằng các kỹ thuật này, sự cân bằng giữa độ bền và độ dẻo trong tấm thép cán nóng được cải thiện. Tuy nhiên, tất cả các tài liệu sáng chế được nêu trên đây đều không mô tả phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội chứa hạt mịn để cải thiện đặc tính tạo hình bằng cách ép. Theo nghiên cứu được tiến hành bởi các tác giả sáng chế, nếu quy trình cán nguội và tôi được thực hiện trên tấm thép cán nóng chứa hạt mịn này thu được bằng cách cán với tỷ lệ cán cao, thì các hạt tinh thể có thể trở nên thô, và khó thu được tấm thép cán nguội có đặc tính tạo hình tuyệt vời bằng cách ép. Cụ thể, trong quy trình sản xuất tấm thép cán nguội pha phức hợp chứa sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp hoặc austenit dư trong cấu trúc, mà phải được tôi trong khoảng nhiệt độ cao của điểm A_{c1} hoặc cao hơn, thì sự lớn lên của hạt tinh thể ở thời điểm tôi là đáng kể, và ưu điểm của tấm thép cán nguội pha phức hợp, mà có độ dẻo tuyệt vời không thể đạt được.

Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có hạt siêu mịn, phương pháp, mà trong đó việc cán trong vùng tái kết tinh động được tiến hành với việc cán qua năm giá cán hoặc nhiều hơn. Tuy nhiên, việc giảm thấp nhiệt độ ở quy trình cán nóng phải giảm rất nhiều, và khó có thể thực hiện phương pháp này trong thiết bị cán nóng thông thường. Ngoài ra, mặc dù tài liệu sáng chế 3 mô tả ví dụ trong đó, bước cán nguội và tôi được tiến hành sau khi cán nóng, sự cân bằng giữa độ bền kéo và đặc tính giãn lỗ (độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng) kém, và đặc tính tạo hình bằng cách ép là không đạt yêu cầu.

Đối với tấm thép cán nguội có cấu trúc mịn, tài liệu sáng chế 4 bộc lộ tấm thép cán nguội độ có bền kéo cao dùng cho ô tô có đặc tính chịu va đập và đặc tính dễ tạo hình tuyệt vời, trong đó austenit dư có cỡ hạt tinh thể trung bình bằng 5 μm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong ferit có cỡ hạt tinh thể trung bình bằng 10 μm hoặc nhỏ hơn. Tấm thép chứa austenit dư trong cấu trúc có khả năng giãn dài lớn do độ dẻo gây ra bởi sự biến đổi (TRIP) tạo ra được bằng cách biến đổi từ austenit sang martensit trong khi xử lý; tuy nhiên, đặc tính giãn lỗ bị suy giảm do sự tạo thành martensit cứng. Đối với tấm thép cán nguội được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 4, cho rằng độ dẻo và đặc tính giãn lỗ được cải thiện bằng cách tạo ra ferit và austenit dư mịn. Tuy nhiên, tỷ lệ giãn lỗ giới hạn hầu như là 1,5, và khó có thể nói

rằng sự tạo hình bằng cách ép đầy đủ được tạo ra. Ngoài ra, để làm tăng hệ số tăng cứng cơ học và để cải thiện đặc tính chịu va đập, cần tạo ra pha chính ferit mềm, và khó thu được độ bền kéo cao.

Tài liệu sáng chế 5 bộc lộ tấm thép độ bền kéo cao, có độ giãn và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời, trong đó pha thứ hai bao gồm austenit dư và/hoặc martensit được phân bố tốt trong các hạt tinh thể. Tuy nhiên, để tạo ra pha thứ hai mịn đến kích thước nano và để phân tán nó trong các hạt tinh thể, cần chứa các nguyên tố đất hiếm như Cu và Ni với lượng lớn và phải tiến hành việc xử lý dung dịch ở nhiệt độ cao trong thời gian dài, do đó sự gia tăng chi phí sản xuất và giảm năng suất là đáng kể.

Tài liệu sáng chế 6 bộc lộ tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng có độ bền kéo cao, có độ dẻo, độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời, và đặc tính chịu mỏi, trong đó austenit dư và sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp được phân bố trong ferit và martensit được tôi có cỡ hạt tinh thể trung bình bằng 10 μm hoặc nhỏ hơn. Martensit được tôi là pha, mà có tác dụng trong việc cải thiện độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng và đặc tính chịu mỏi, và cho rằng nếu việc làm mịn hạt martensit được tôi được tiến hành, thì các đặc tính này được cải thiện hơn nữa. Tuy nhiên, để thu được cấu trúc luyện kim chứa martensit được tôi và austenit dư, bước tôi đầu tiên để tạo ra martensit và bước tôi thứ hai để tôi martensit và tiếp tục để thu được austenit dư là cần thiết, do vậy năng suất bị suy giảm đáng kể.

Tài liệu sáng chế 7 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội trong đó, austenit dư được phân bố mịn trong ferit, phương pháp mà trong đó tấm thép được làm mát nhanh tới nhiệt độ bằng 720°C hoặc thấp hơn ngay sau khi được cán nóng, và được giữ trong khoảng nhiệt độ từ 600 đến 720°C trong 2 giây hoặc lâu hơn, và tấm thép cán nóng thu được được cán nguội và được tôi.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP 58-123823 A1

Tài liệu sáng chế 2: JP 59-229413 A1

Tài liệu sáng chế 3: JP 11-152544 A1

Tài liệu sáng chế 4: JP 11-61326 A1

Tài liệu sáng chế 5: JP 2005-179703 A1

Tài liệu sáng chế 6: JP 2001-192768 A1

Tài liệu sáng chế 7: WO2007/15541 A1

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Kỹ thuật nêu trên đây được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 7 tuyệt vời ở chỗ tấm thép cán nguội trong đó cấu trúc hạt mịn được tạo ra và đặc tính dễ gia công và độ bền chịu nhiệt được cải thiện có thể thu được bằng quy trình xử lý, mà sau khi quy trình cán nóng được hoàn thành, thì ứng suất cơ học được tích tụ trong austenit không được giải phóng, và sự biến dạng của ferit được đi kèm với ứng suất cơ học được sử dụng làm lực truyền động.

Tuy nhiên, trong những năm gần đây, do nhu cầu về tính năng cao hơn, tấm thép cán nguội được tạo ra có đồng thời độ bền kéo cao, độ dẻo cao, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời đã được yêu cầu.

Sáng chế được tạo ra để đáp ứng nhu cầu nêu trên. Cụ thể, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao, có độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời, trong đó cường độ chịu kéo là 780 MPa hoặc lớn hơn.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu về sự ảnh hưởng của thành phần hóa học và điều kiện sản xuất đến các tính chất cơ học của tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao. Trong bản mô tả này, ký hiệu “%” là để chỉ thành phần của mỗi nguyên tố trong thành phần hóa học của thép dưới dạng phần trăm khối lượng.

Một loạt các mẫu thép chứa thành phần hóa học sau (tính theo % khối lượng): C: lớn hơn 0,020% và nhỏ hơn 0,30%, Si: lớn hơn 0,10% và 3,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: lớn hơn 1,00% và 3,50% hoặc nhỏ hơn, P: 0,10% hoặc nhỏ hơn, S: 0,010% hoặc nhỏ hơn, sol.Al (lượng Al hòa tan bằng axit): 2,00% hoặc nhỏ hơn, và N: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

Phôi có thành phần hóa học được nêu trên đây được gia nhiệt đến 1200°C , và sau đó được cán nóng để có độ dày bằng 2,0 mm trong các phương pháp cán làm giảm kích thước khác nhau trong khoảng nhiệt độ của điểm Ar_3 hoặc cao hơn. Sau khi được cán nóng, các tấm thép được làm mát tới khoảng nhiệt độ bằng 720°C hoặc thấp hơn trong các điều kiện làm mát khác nhau. Sau khi được làm mát bằng không khí trong từ 5 đến 10 giây, các tấm thép được làm mát tới các nhiệt độ khác nhau với tốc độ làm mát bằng $90^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn. Nhiệt độ làm mát này được sử dụng làm nhiệt độ cuộn. Sau khi các tấm thép được nạp vào trong lò gia nhiệt bằng điện được giữ ở nhiệt độ không đổi và đã được giữ trong 30 phút, các tấm thép được làm mát trong lò ở tốc độ làm mát bằng $20^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, nhờ đó quy trình làm mát từ từ sau khi cuộn được mô phỏng. Do đó, các tấm thép cán nóng thu được trải qua quy trình tẩy gỉ và được cán nguội với tỷ lệ cán 50% để có độ dày bằng 1,0 mm. Sử dụng thiết bị mô phỏng tôi liên tục, các tấm thép cán nguội thu được được gia nhiệt tới các nhiệt độ khác nhau và được duy trì trong 95 giây, và sau đó được làm mát để thu được các tấm thép được tôi.

Từ mỗi tấm thép cán nóng và tấm thép được tôi, mẫu thử nghiệm để đánh giá vi cấu trúc được lấy mẫu. Bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học và kính hiển vi quét điện tử (SEM) được trang bị bộ phân tích mẫu nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (EBSP), cấu trúc được quan sát ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép, và bằng cách sử dụng thiết bị nhiễu xạ kế tia X (XRD), tỷ lệ thể tích của austenit dư được đo ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép được tôi. Ngoài ra, từ tấm thép được tôi, mẫu thử nghiệm kéo được lấy mẫu dọc theo chiều vuông góc với chiều cán. Bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm kéo này, thử nghiệm kéo được tiến hành, nhờ đó độ dẻo được đánh giá bằng độ giãn dài tổng, và độ cứng khi gia công được đánh giá bởi hệ số tăng cứng cơ học (giá trị n) trong khoảng ứng suất từ 5% đến 10%. Ngoài ra, từ tấm thép được tôi, mẫu thử nghiệm giãn lỗ 10 mm vuông được lấy mẫu. Bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm này, sự giãn lỗ trên thử nghiệm này được tiến hành, nhờ đó độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng được đánh giá. Trong thử nghiệm giãn lỗ, lỗ được đục có đường kính 10 mm được tạo ra với độ hở bằng 12,5%, lỗ được đục này

được làm giãn bằng cách sử dụng dụng cụ đục lỗ dạng côn có góc đỉnh trước bằng 60° , và tỷ lệ giãn (tỷ lệ giãn lỗ giới hạn) của lỗ ở thời điểm khi khe nứt xuyên qua chiều dày tấm được tạo ra là được đo.

Đối với kết quả của các thử nghiệm sơ bộ này, thu được các kết quả được mô tả trong các mục (A) đến (H) sau.

(A) Nếu tấm thép cán nóng, mà được tạo ra thông qua quy trình được gọi là quy trình làm mát nhanh ngay lập tức ở đó quá trình làm mát nhanh được tiến hành bằng cách làm mát bằng nước ngay lập tức sau khi cán nóng, cụ thể, tấm thép cán nóng được tạo ra theo cách sao cho tấm thép này được làm mát một cách nhanh chóng tới khoảng nhiệt độ bằng 720°C hoặc thấp hơn trong 0,4 giây sau khi hoàn thành việc cán nóng, được cán nguội và được tôi, độ dẻo và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tấm thép được tôi được cải thiện với việc nâng nhiệt độ ủ. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ ủ quá cao, thì hạt austenit trở nên thô, và độ dẻo và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tấm thép được tôi có thể bị suy giảm đột ngột.

(B) Sự gia tăng về tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán cuối cùng trong quá trình cán nóng ngăn ngừa sự thô hóa hạt austenite, mà có thể xuất hiện trong khi tôi ở nhiệt độ cao sau khi cán nguội. Lý do cho điều này là không rõ ràng, nhưng điều này được cho là kết quả từ thực tế rằng: (a) khi tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán hoàn thiện trở nên tăng cao hơn, tỷ lệ của ferit trong cấu trúc của tấm thép cán nóng trở nên tăng cao hơn, và sự làm mịn ferit cũng được thúc đẩy hơn; (b) khi tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán hoàn thiện trở nên tăng cao hơn, sản phẩm thô biến đổi ở nhiệt độ thấp trong cấu trúc của tấm thép cán nóng bị suy giảm hơn; (c) biên hạt ferit có chức năng như vị trí tạo hạt trong quá trình biến đổi từ ferit sang austenit trong quá trình tôi, và do đó khi có các hạt ferit mịn hơn, vị trí tạo hạt được tăng cường, do đó austenit trở nên mịn hơn; và (d) sản phẩm thô biến đổi ở nhiệt độ thấp trở thành hạt austenit thô trong quá trình tôi.

(C) Nếu nhiệt độ làm mát tăng lên trong quá trình cuộn sau khi làm mát nhanh ngay lập tức sau khi cán, sự lớn lên của hạt austenit có thể xuất hiện trong quá trình tôi ở nhiệt độ cao sau khi cán nguội được hạn chế. Lý do cho điều này là

không rõ ràng, nhưng điều này được cho là kết quả từ thực tế rằng: (a) tấm thép cán nóng được làm mịn do việc làm mát nhanh ngay lập tức sau khi cán, và do đó sự gia tăng về nhiệt độ cuộn làm tăng đáng kể lượng kết tủa của ion cacbua trong tấm thép cán nóng; (b) ion cacbua có vai trò như vị trí tạo hạt trong quá trình biến đổi từ ferit sang austenit trong quá trình tôi, và do đó khi lượng kết tủa của ion cacbua trở nên tăng cao hơn, tốc độ tạo hạt trở nên tăng cao hơn, nhờ đó làm mịn austenit; và (c) ion cacbua không hòa tan ức chế sự lớn lên của hạt austenit, mà dẫn đến sự làm mịn hạt austenit.

(D) Khi hàm lượng Si trở nên lớn hơn trong thép, hiệu quả ngăn ngừa sự lớn lên của hạt austenit trở nên mạnh hơn. Lý do cho điều này là không rõ ràng, nhưng điều này được cho là kết quả từ thực tế rằng: (a) sự gia tăng hàm lượng Si làm mịn ion cacbua, mà làm tăng mật độ số hạt của nó; (b) do đó, tốc độ tạo hạt trong quá trình biến đổi từ ferit sang austenit được tăng hơn nữa; và (c) sự gia tăng của ion cacbua không hòa tan ức chế hơn nữa sự lớn lên của hạt austenit, mà điều này kích thích hợp nữa quá trình làm mịn austenit.

(E) Bằng cách ủ thép này ở nhiệt độ cao trong khi hạn chế sự lớn lên của hạt austenit và sau đó làm mát nó, có thể thu được cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp được làm mịn, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư được làm mịn, và cũng chứa ferit đa giác mịn trong một số trường hợp.

Fig.1 là đồ thị thể hiện kết quả đánh giá sự phân bố cỡ hạt austenit dư trong tấm thép được tôi thu được bằng cách cán nóng dưới các điều kiện của quy trình làm giảm kích thước bằng cách cán hoàn thiện bằng 42% tính theo phần trăm giảm độ dày, nhiệt độ cán hoàn thiện bằng 900°C, nhiệt độ tại thời điểm dừng làm mát nhanh bằng 660°C, và thời gian 0,16 giây từ khi hoàn thành việc cán tới khi ngừng làm mát nhanh, và nhiệt độ làm mát bằng 520°C, sau đó bằng cách tôi ở nhiệt độ ủ bằng 850°C. Fig.2 là đồ thị thể hiện kết quả đánh giá sự phân bố cỡ hạt austenit dư trong tấm thép được tôi thu được bằng cách cán nóng thổi có cùng thành phần hóa học bằng cách sử dụng phương pháp thông thường mà không có quá trình làm mát

nhANH ngay lập tức, và bằng cách cán nguội và tôi tấm thép cán nóng. Từ việc so sánh Fig.1 và Fig.2, có thể thấy rằng, đối với tấm thép được tôi tạo ra được thông qua quy trình làm mát nhanh ngay lập tức thích hợp (Fig.1), sự tạo thành hạt austenit thô có cỡ hạt của 1,2 μm hoặc lớn hơn được ngăn ngừa, và austenit dư được phân bố đồng đều.

(F) Sự ức chế quá trình tạo ra hạt austenit dư kích thước lớn, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn, làm tăng độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tấm thép, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp.

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa $TS^{1,7} \times \lambda$ và mật độ số hạt (N_R) của austenit dư thô, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn. TS có nghĩa là độ bền kéo, λ có nghĩa là tỷ lệ giãn lỗ giới hạn, và $TS^{1,7} \times \lambda$ có nghĩa là hệ số đánh giá đặc tính giãn lỗ dựa trên sự cân bằng giữa độ bền kéo và tỷ lệ giãn lỗ giới hạn. Như được thể hiện trong hình vẽ này, được hiểu rằng $TS^{1,7} \times \lambda$ và N_R có sự liên quan, và khi N_R trở nên nhỏ hơn, đặc tính giãn lỗ được cải thiện hơn. Lý do cho điều này là không rõ ràng, nhưng điều này được cho là kết quả từ thực tế rằng: (a) austenit dư được biến đổi thành martensit cứng thông qua quá trình xử lý, và nếu hạt austenit dư là thô, hạt martensit cũng trở nên thô, và sự tập trung ứng suất tăng lên, mà điều này tạo ra khoảng trống ở bề mặt tiếp giáp với pha nền, dẫn đến bắt đầu sự nứt; và (b) hạt austenit dư kích thước lớn trở thành martensit ở giai đoạn đầu của quá trình xử lý, và do đó chúng dễ dàng hơn bị nứt hơn hạt austenit dư mịn.

(G) Khi nhiệt độ ủ trở nên tăng cao hơn, tỷ lệ của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp trở nên tăng cao hơn, do đó độ cứng khi gia công có xu hướng bị suy giảm; tuy nhiên, có thể ngăn ngừa sự suy giảm độ cứng khi gia công trong tấm thép, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp bằng cách hạn chế sự tạo thành hạt austenit dư kích thước lớn có cỡ hạt bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn.

Fig.4 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa giá trị TS $\times n$ và N_R . Giá trị TS $\times n$ là hệ số đánh giá độ cứng khi gia công dựa trên sự cân bằng giữa độ bền kéo và hệ số tăng cứng cơ học. Như được thể hiện trong hình vẽ này, được hiểu rằng giá trị TS $\times n$ có mối liên quan với N_R , và khi N_R trở nên nhỏ hơn, độ cứng khi gia công được

cải thiện hơn. Lý do cho điều này là không rõ ràng, được cho là kết quả của thực tế rằng: (a) hạt austenit dư kích thước lớn trở thành martensit ở giai đoạn đầu của quá trình xử lý ở đó ứng suất là nhỏ hơn 5%, và do đó chúng khó tham gia để làm tăng giá trị n trong khoảng ứng suất 5 đến 10%; và (b) bằng cách hạn chế sự tạo thành của hạt austenit dư kích thước lớn, hạt austenit dư mịn, mà trở thành martensit trong khoảng ứng suất cao bằng 5% hoặc lớn hơn, được tăng lên.

(H) Khi hạt có cấu trúc bcc (lập phương tâm mặt- body-centered cubic) và các hạt có cấu trúc bct (tứ giác tâm mặt- body-centered tetragonal) (dưới đây, hai loại hạt này cũng được đề cập chung là “hạt bcc”), mà được bao quanh bởi biên hạt, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn, có cỡ hạt trung bình nhỏ hơn, độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tấm thép có cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư được tăng cường. Lý do cho điều này là không rõ ràng, nhưng điều này được cho là kết quả từ thực tế rằng: (a) sự sắp xếp của austenit dư được ưu tiên hơn do quá trình làm mịn hạt bcc; và (b) sự lan truyền vết nứt được hạn chế do tính chất mịn của hạt bcc.

Dựa trên các kết quả nêu trên, đã phát hiện ra rằng chứa lượng Si nhất định hoặc lớn hơn được cán nóng với tỷ lệ giảm kích thước lớn hơn bằng cách cán cuối cùng, và sau đó được trải qua quá trình làm mát nhanh chóng ngay lập tức sau khi cán, thép này được cuộn ở nhiệt độ cao, và được cán nguội, và sau đó được tôi ở nhiệt độ cao, và sau đó được làm mát, nhờ đó tạo ra tấm thép cán nguội độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời, và bao gồm cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư và tốt hơn là còn chứa ferit đa giác, trong đó cấu trúc luyện kim chứa ít hạt austenit thô hơn, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn, và tốt hơn là chứa hạt bcc mịn.

Sáng chế đề xuất tấm thép cán nguội, trong đó tấm thép này chứa các thành phần hóa học sau (tính theo % khối lượng): C: lớn hơn 0,020% đến nhỏ hơn 0,30%; Si: lớn hơn 0,10% đến 3,00% hoặc nhỏ hơn; Mn: lớn hơn 1,00% đến 3,50% hoặc nhỏ hơn; P: 0,10% hoặc nhỏ hơn; S: 0,010% hoặc nhỏ hơn; sol.Al

(lượng Al hòa tan bằng axit): 0% hoặc lớn hơn đến 2,00% hoặc nhỏ hơn; N: 0,010% hoặc nhỏ hơn; Ti: 0% hoặc lớn hơn đến nhỏ hơn 0,050%; Nb: 0% hoặc lớn hơn đến nhỏ hơn 0,050%; V: 0% hoặc lớn hơn đến 0,50% hoặc nhỏ hơn; Cr: 0% hoặc lớn hơn đến 1,0% hoặc nhỏ hơn; Mo: 0% hoặc lớn hơn đến 0,50% hoặc nhỏ hơn; B: 0% hoặc lớn hơn đến 0,010% hoặc nhỏ hơn; Ca: 0% hoặc lớn hơn đến 0,010% hoặc nhỏ hơn; Mg: 0% hoặc lớn hơn đến 0,010% hoặc nhỏ hơn; REM (tổng lượng các nguyên tố đất hiếm): 0% hoặc lớn hơn đến 0,050% hoặc nhỏ hơn; Bi: 0% hoặc lớn hơn đến 0,050% hoặc nhỏ hơn; và lượng còn lại là Fe và các tạp chất, trong đó tấm thép cán nguội bao gồm cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư; austenit dư có tỷ lệ thể tích lớn hơn 4,0% đến nhỏ hơn 25,0% tính theo toàn bộ cấu trúc, và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 0,80 μm ; và đối với austenit dư, mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn, là $3,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn.

Cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nguội theo sáng chế tốt hơn là thỏa mãn một hoặc hai tiêu chuẩn sau:

- cỡ hạt trung bình của hạt có cấu trúc bcc và hạt có cấu trúc bct, mà được bao quanh bởi các biên hạt, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn; và

- pha thứ hai chứa austenit dư và ferit đa giác, và ferit đa giác có tỷ lệ thể tích lớn hơn 2,0% đến nhỏ hơn 27,0% tính theo toàn bộ cấu trúc, và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 5,0 μm .

Theo phương án được ưu tiên, thành phần hóa học còn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố (%) có nghĩa là phần trăm khối lượng) được mô tả dưới đây.

Một loại hoặc hai hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti: 0,005% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,050%, Nb: 0,005% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,050%, và V: 0,010% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn; và/hoặc

Một loại hoặc hai hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Cr: 0,20% hoặc lớn hơn và 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,05% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn, và B: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,010% hoặc nhỏ hơn; và/hoặc

Một loại hoặc hai hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,010% hoặc nhỏ hơn, Mg: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,010% hoặc nhỏ hơn, REM (tổng lượng các nguyên tố đất hiếm): 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn, và Bi: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao, có độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng đầy đủ, mà có thể được sử dụng để gia công như tạo hình ép, có thể thu được. Do đó, sáng chế có thể đóng góp vào sự phát triển của ngành công nghiệp. Ví dụ, sáng chế có thể đóng góp để giải quyết các vấn đề môi trường toàn cầu thông qua việc làm giảm trọng lượng của phần thân ô tô.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị thể hiện sự phân bố cỡ hạt austenit dư trong tấm thép được tôi được tạo ra nhờ quá trình làm mát nhanh ngay lập tức.

Fig.2 là đồ thị thể hiện sự phân bố cỡ hạt austenit dư trong tấm thép được tôi được tạo ra không nhờ quá trình làm mát nhanh ngay lập tức.

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa $TS^{1,7} \times \lambda$ và mật độ số hạt (N_R) của austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn.

Fig.4 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa giá trị TS_{xn} và mật độ số hạt (N_R) của austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Cấu trúc luyện kim và thành phần hóa học trong tấm thép cán nguội có độ bền kéo cao theo sáng chế, và các điều kiện cán và tôi và các điều kiện tương tự trong phương pháp sản xuất tấm thép hiệu quả, dễ dàng, và kinh tế được mô tả chi tiết dưới đây.

1. Cấu trúc luyện kim

Tấm thép cán nguội theo sáng chế bao gồm cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư và tốt hơn là ngoài ra còn chứa ferit đa giác, austenit dư có tỷ lệ thể tích lớn hơn 4,0% đến nhỏ hơn 25,0% tính theo toàn bộ cấu trúc, và cỡ hạt trung bình của nó là nhỏ hơn 0,80 μm , và của austenit dư, mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn, là $3,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn, và cỡ hạt trung bình của hạt có cấu trúc bcc và hạt có cấu trúc bct, mà được bao quanh bởi các biên hạt, mà góc lệch hướng của nó tốt hơn là 15° hoặc lớn hơn là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn, và/hoặc tỷ lệ thể tích của ferit đa giác tính theo toàn bộ cấu trúc là lớn hơn 2,0% đến nhỏ hơn 27,0%, và cỡ hạt trung bình của nó là nhỏ hơn 5,0 μm .

Pha chính có nghĩa là pha hoặc cấu trúc, mà trong đó tỷ lệ thể tích là ở giá trị lớn nhất, và pha thứ hai có nghĩa là pha hoặc cấu trúc khác với pha chính.

Sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp có nghĩa là pha và cấu trúc được tạo ra bởi sự biến đổi ở nhiệt độ thấp, như martensit và bainit. Khi sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp khác các sản phẩm này, ferit và martensit bainit được tôi được đề cập. Ferit bainit được phân biệt với ferit đa giác ở đó dạng thanh hoặc dạng đĩa được sử dụng và rằng mật độ lệch mạng là cao, và được phân biệt với bainit ở chỗ sắt cacbua không có mặt bên trong và ở bề mặt tiếp giáp của các hạt.

Sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp này có thể chứa hai hoặc nhiều pha và cấu trúc, ví dụ, martensit và ferit bainit. Trong trường hợp nếu sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp chứa hai hoặc nhiều pha và cấu trúc, tổng các tỷ lệ thể tích của các pha và cấu trúc được xác định dưới dạng tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp.

Pha bcc là pha có cấu trúc tinh thể dạng mạng lập phương tâm mặt (mạng bcc), và pha này có thể được minh họa bởi ferit đa giác, ferit bainit, bainit, và martensit được tôi. Trong khi đó, pha bct là pha có cấu trúc tinh thể dạng mạng lưới tứ giác thể tâm (mạng lưới bct), và pha này có thể được minh họa bởi martensit. Hạt có cấu trúc bcc là vùng được bao quanh bởi biên hạt, mà góc lệch

hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn trong pha bcc. Tương tự, hạt có cấu trúc bct là vùng được bao quanh bởi biên hạt, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn trong pha bct. Dưới đây, pha bcc và pha bct cũng được đề cập chung chung dưới dạng pha bcc. Điều này là do không có hằng số mạng được tính đến trong việc đánh giá cấu trúc luyện kim sử dụng EBSP, và do đó pha bcc và pha bct được xác định là không được phân biệt với nhau.

Lý do để cấu hình ra cấu trúc bao gồm sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp dưới dạng pha chính của nó và austenit dư trong pha thứ hai của nó là vì cấu hình này được ưu tiên để làm tăng độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng trong khi vẫn duy trì được độ bền kéo. Nếu sử dụng ferit đa giác, mà không phải là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, dưới dạng pha chính, khó có thể đảm bảo được cường độ chịu kéo cũng như độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng.

Tỷ lệ thể tích của austenit dư tính theo toàn bộ cấu trúc được xác định là lớn hơn 4,0% đến nhỏ hơn 25,0%. Nếu tỷ lệ thể tích của austenit dư tính theo toàn bộ cấu trúc là 4,0% hoặc nhỏ hơn, độ dẻo trở nên không được đảm bảo. Do đó, tỷ lệ thể tích của austenit dư tính theo toàn bộ cấu trúc được xác định là lớn hơn 4,0%. Tốt hơn là, tỷ lệ này là lớn hơn 6,0 %, tốt hơn nữa là lớn hơn 9,0%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 12,0%. Mặt khác, nếu tỷ lệ thể tích của austenit dư tính theo toàn bộ cấu trúc là 25,0% hoặc lớn hơn, thì sự suy giảm về độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng trở nên không đáng kể. Theo đó, tỷ lệ thể tích của austenit dư tính theo toàn bộ cấu trúc được xác định là nhỏ hơn 25,0%. Tốt hơn là, tỷ lệ này nhỏ hơn 18,0 %, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 16,0%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 14,0%.

Cỡ hạt trung bình của austenit dư được xác định là nhỏ hơn $0,80\ \mu\text{m}$. Trong tấm thép cán nguội bao gồm cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư, nếu hạt trung bình của austenit dư là $0,80\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, thì sự suy giảm về độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng là đáng kể. Tốt hơn là, cỡ hạt trung bình của austenit dư là nhỏ hơn $0,70\ \mu\text{m}$, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn $0,60\ \mu\text{m}$. Giới hạn dưới của cỡ hạt trung bình của austenit dư là không bị giới hạn cụ thể, có

thể thiết lập tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán hoàn thiện trong quá trình cán nóng ở mức rất cao để làm mịn austenit dư tới $0,15\ \mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, mà điều này dẫn đến sự gia tăng đáng kể tải lượng sản xuất. Theo đó, được ưu tiên xác định giới hạn dưới của cỡ hạt trung bình của austenit dư là lớn hơn $0,15\ \mu\text{m}$.

Trong tấm thép cán nguội bao gồm cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư, nếu austenit dư, mà cỡ hạt trung bình của nó thậm chí nhỏ hơn $0,80\ \mu\text{m}$, chứa nhiều hạt austenit dư kích thước lớn, mà có cỡ hạt bằng $1,2\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, thì độ cứng khi gia công và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng bị suy giảm hơn nữa. Theo đó, mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng $1,2\ \mu\text{m}$ hoặc nhiều hơn, được xác định là $3,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó bằng $1,2\ \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, có mật độ số hạt bằng $2,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là $1,5 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là $1,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn.

Để cải thiện hơn nữa độ dẻo và độ cứng khi gia công, pha thứ hai tốt hơn là chứa ferit đa giác bên cạnh austenit dư. Tỷ lệ thể tích của ferit đa giác tính theo toàn bộ cấu trúc tốt hơn là lớn hơn 2,0%. Tỷ lệ thể tích này tốt hơn nữa là lớn hơn 8,0%, vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 13,0%. Mặt khác, nếu tỷ lệ thể tích của ferit đa giác quá lớn, thì độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng suy giảm. Do đó, tỷ lệ thể tích của ferit đa giác tốt hơn là thấp hơn 27,0%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 24,0%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 18,0%.

Nếu hạt ferit đa giác mịn hơn, hiệu quả cải thiện độ dẻo và độ cứng khi gia công tăng lên. Do đó, cỡ hạt trung bình của ferit đa giác tốt hơn là được tạo ra nhỏ hơn $5,0\ \mu\text{m}$. Cỡ hạt trung bình này tốt hơn nữa là nhỏ hơn $4,0\ \mu\text{m}$, vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn $3,0\ \mu\text{m}$.

Để cải thiện hơn nữa độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, tỷ lệ thể tích của martensit được tôi chứa trong sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp tính theo toàn bộ cấu trúc tốt hơn là nhỏ hơn 50,0%. Tỷ lệ thể tích này tốt hơn nữa là nhỏ hơn 35,0%, vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 10,0%.

Để làm tăng độ bền kéo, sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp tốt hơn là chứa martensit. Trong trường hợp này, tỷ lệ thể tích của martensit tính theo toàn bộ cấu trúc tốt hơn là lớn hơn 4,0%. Tỷ lệ thể tích này tốt hơn nữa là lớn hơn 6,0%, vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 10,0%. Mặt khác, nếu tỷ lệ thể tích của martensit là quá lớn, thì độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng bị suy giảm. Do đó, tỷ lệ thể tích của martensit tính theo toàn bộ cấu trúc tốt hơn là nhỏ hơn 15,0%.

Để làm tăng hơn nữa độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, tốt hơn nếu cỡ hạt trung bình của hạt bcc (như được nêu trên đây, hạt bcc có nghĩa là hạt có cấu trúc bcc và cấu trúc bct, mà được bao quanh bởi các biên hạt, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn) là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn nữa là, cỡ hạt trung bình của hạt bcc bằng 6,0 μm hoặc nhỏ hơn, và vẫn tốt hơn nữa là 5,0 μm hoặc nhỏ hơn.

Cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nguội theo sáng chế được đo như được mô tả dưới đây. Tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp và ferit đa giác được xác định. Cụ thể, mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ tấm thép tấm thép, và bề mặt cắt ngang theo chiều dọc của nó song song với chiều cán được đánh bóng, và được khắc axit bằng nital. Sau đó, cấu trúc luyện kim được quan sát bằng cách sử dụng SEM ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép. Bằng cách xử lý ảnh, tỷ lệ diện tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp và ferit đa giác là được đo. Giả sử rằng tỷ lệ diện tích là bằng với tỷ lệ thể tích, tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp và ferit đa giác được xác định. Cỡ hạt trung bình của ferit đa giác được xác định như được mô tả dưới đây. Đường kính tương đương tròn được xác định bằng cách chia diện tích chiếm bởi toàn bộ ferit đa giác trong trường nhìn thấy cho số lượng các hạt tinh thể của ferit đa giác, và đường kính tương đương tròn được xác định dưới dạng cỡ hạt trung bình.

Tỷ lệ thể tích của austenit dư được xác định như được mô tả dưới đây. Mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ tấm thép tấm thép, và bề mặt được cán của nó được đánh bóng hóa học tới vị trí sâu bằng một phần tư tính từ bề mặt của tấm thép, và cường độ nhiễu xạ tia X được đo bằng cách sử dụng thiết bị XRD.

Cỡ hạt của hạt austenit dư và cỡ hạt austenit dư trung bình được đo như được mô tả dưới đây. Mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ tấm thép tấm thép, và bề mặt cắt ngang theo chiều dọc của nó song song với chiều cán được đánh bóng bằng điện. Cấu trúc luyện kim được quan sát ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép bằng cách sử dụng SEM được trang bị cùng với bộ phân tích EBSD. Vùng, mà được quan sát dưới dạng pha bao gồm cấu trúc tinh thể lập phương tâm mặt (pha fcc) và được bao quanh bởi pha nền, được xác định dưới dạng một hạt austenit dư. Bằng cách xử lý ảnh, mật độ số hạt (số lượng các hạt trên mỗi đơn vị diện tích) của hạt austenit dư và tỷ lệ diện tích của hạt austenit dư riêng lẻ là được đo. Từ các diện tích được chiếm bởi hạt austenit dư riêng lẻ trong trường nhìn thấy, đường kính tương đương tròn của hạt austenit dư riêng lẻ được xác định, và giá trị trung bình của nó được xác định dưới dạng cỡ hạt austenit dư trung bình.

Trong quá trình đánh giá cấu trúc sử dụng phương pháp EBSD, trong vùng 50 μm hoặc lớn hơn theo chiều dày của tấm và 100 μm hoặc lớn hơn theo chiều cán, chùm electron được chiếu ở bước bằng 0,1 μm để tạo ra sự điều chỉnh pha. Ngoài ra, trong số các dữ liệu đo được, dữ liệu, mà ở đó chỉ số tin cậy (Confidence Index) là 0,1 hoặc lớn hơn, được sử dụng để đo cỡ hạt dùng làm dữ liệu hiệu dụng. Để ngăn ngừa sự sai lệch về cỡ hạt austenit dư do nhiễu của phép đo, chỉ hạt austenit dư, mà mỗi hạt có đường kính tương đương tròn bằng 0,15 μm hoặc lớn hơn, được coi là hạt hữu ích, nhờ đó cỡ hạt trung bình là được tính.

Cỡ hạt trung bình của hạt bcc là được đo như sau. Cụ thể, mẫu thử nghiệm được thu gom từ các tấm thép, mặt cắt ngang theo chiều dọc bề mặt của nó song song với chiều cán của mỗi mẫu thử nghiệm được đánh bóng bằng điện, và việc đánh giá được thực hiện trên cấu trúc luyện kim của nó ở vị trí sâu bằng một phần tư độ dày từ bề mặt của tấm thép sử dụng SEM được trang bị EBSD. Vùng, mà được đánh giá dưới dạng pha bcc, và được bao quanh bởi biên dạng, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn, được xác định dưới dạng một hạt bcc, và giá trị tính được theo công thức (1) sau được xác định dưới dạng cỡ hạt trung bình của hạt bcc. Trong công thức này, N có nghĩa là số hạt tinh thể chứa trong vùng đánh

giá cỡ hạt trung bình, A_i có nghĩa là diện tích của hạt tinh thể thứ i ($i = 1, 2, \dots, N$), và d_i có nghĩa là đường kính tương đương tròn của hạt tinh thể thứ i .

Biểu thức 1

$$D = \frac{\sum_{i=1}^N A_i \times d_i}{\sum_{i=1}^N A_i} \quad (1)$$

Theo sáng chế, hạt có cấu trúc bcc và hạt có cấu trúc bct được xử lý đồng thời. Điều này là do không có hằng số mạng được tính đến trong việc đánh giá cấu trúc luyện kim sử dụng phương pháp EBSP, do đó khó có thể phân biệt hạt có cấu trúc bcc (như ferit đa giác, ferit bainit, bainit, và martensit được tôi) so với hạt có cấu trúc bct (như martensit).

Trong quá trình đánh giá cấu trúc sử dụng phương pháp EBSP, tương tự với trường hợp nêu trên, pha được xác định bằng cách chiếu xạ bằng chùm electron với bước bằng 0,1 μm trong vùng 50 μm theo chiều dày của tấm, và 100 μm theo chiều cán. Trong số các dữ liệu đo thu được, dữ liệu này có chỉ số tin cậy bằng 0,1 hoặc lớn hơn được dùng làm dữ liệu hiệu dụng để đo cỡ hạt. Để ngăn ngừa sai số đánh giá cỡ hạt gây ra do nhiễu của phép đo, trong quá trình đánh giá pha bcc, mà khác so với trường hợp hạt austenit dư nêu trên, chỉ hạt bcc, mà cỡ hạt của nó bằng 0,47 μm hoặc lớn hơn, được sử dụng làm hạt hữu ích trong việc tính toán cỡ hạt nêu trên. Trong trường hợp cấu trúc hạt hỗn hợp trong đó hạt mịn và các hạt to được trộn lẫn, nếu cỡ hạt được đánh giá sử dụng phương pháp chấn, mà thường sử dụng làm phương pháp đánh giá cỡ hạt tinh thể của cấu trúc luyện kim, thì sự ảnh hưởng gây ra bởi các hạt to có thể được đánh giá không đúng. Theo sáng chế, dùng làm phương pháp tính cỡ hạt tinh thể khi tính đến sự ảnh hưởng gây ra bởi các hạt to, công thức (1) nêu trên, mà nhân diện tích của hạt tinh thể riêng lẻ với trọng lượng được sử dụng.

Theo sáng chế, cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây được xác định ở vị trí sâu bằng 1/4 chiều dày tấm từ bề mặt tấm thép trong trường hợp sử dụng tấm thép cán nguội, và ở vị trí sâu bằng 1/4 độ dày tấm bằng tấm thép, mà là kim loại

nền từ ranh giới giữa tấm thép, mà là kim loại nền và lớp mạ trong trường hợp sử dụng tấm thép được mạ.

Để đảm bảo đặc tính hấp thụ năng lượng tác động dưới dạng đặc tính cơ học, mà có thể thu được dựa trên các đặc trưng của cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây, tấm thép cán nguội theo sáng chế tốt hơn là có độ bền kéo (TS) bằng 780 MPa hoặc lớn hơn theo chiều dọc theo chiều cán, và tốt hơn nữa là có độ bền kéo bằng 950 MPa hoặc lớn hơn. Mặt khác, TS tốt hơn là nhỏ hơn 1180 MPa để đảm bảo độ dẻo.

Về đặc tính tạo hình bằng cách ép, tốt hơn nếu El, mà là giá trị thu được bằng cách chuyển đổi độ giãn tổng (El_0) theo chiều dọc theo chiều cán thành độ giãn tổng tương ứng với độ giãn của chiều dày tấm 1,2 mm dựa trên công thức (1) dưới đây; giá trị n, mà là hệ số hóa cứng cơ học tính được sử dụng ứng suất danh định ở hai điểm 5% và 10%, trong đó khoảng ứng suất được xác định là 5 đến 10%, và lực thử nghiệm tương ứng tương ứng với các ứng suất này phù hợp với Tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản JIS Z2253; và λ , mà là tỷ lệ giãn lỗ giới hạn đo được phù hợp với tiêu chuẩn của Hiệp hội sắt và thép Nhật Bản JFST1001 thỏa mãn các điều kiện sau:

- giá trị TS $\times$ El bằng 19000 MPa% hoặc lớn hơn, cụ thể là 20000 MPa hoặc lớn hơn,
- giá trị của Giá trị TS_{xn} bằng 160 MPa hoặc lớn hơn, cụ thể là 165 MPa hoặc lớn hơn, và
- giá trị $TS^{1,7} \times \lambda$ là 5500000 MPa^{1,7}% hoặc lớn hơn, cụ thể là 6000000 MPa^{1,7}% hoặc lớn hơn.

$$El = El_0 \times (1,2/t_0)^{0,2} \dots (2)$$

trong đó El_0 trong công thức này có nghĩa là giá trị đo thực của độ giãn tổng, mà được đo sử dụng mỗi mẫu thử nghiệm kéo căng JIS Số 5, t_0 có nghĩa là chiều dày tấm của mỗi mẫu thử nghiệm kéo căng JIS Số 5, mà được sử dụng để đo, và El có nghĩa là giá trị chuyển đổi của độ giãn tổng tương ứng với giá trị chiều dày tấm bằng 1,2 mm.

Hệ số tăng cứng cơ học được thể hiện bằng giá trị n tương ứng với khoảng ứng suất bằng 5 đến 10% trong thử nghiệm kéo căng do ứng suất sinh ra ở thời điểm tạo hình ép các bộ phận ô tô là xấp xỉ 5 đến 10%. Nếu tấm thép có độ giãn tổng, nhưng có giá trị n nhỏ, đặc tính lan truyền của ứng suất khó được đảm bảo trong khi tạo hình ép của các bộ phận ô tô, mà có thể gây ra các lỗi tạo hình như giảm cục bộ chiều dày tấm, v.v.. Tốt hơn là, tỷ số ứng suất nhỏ hơn 80%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 75%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 70% xét về đặc tính cố định hình dạng.

2. Thành phần hóa học của thép

C: lớn hơn 0,020% đến nhỏ hơn 0,30%

Hàm lượng C bằng 0,020% hoặc nhỏ hơn có thể khó thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây. Theo đó, hàm lượng C được xác định là lớn hơn 0,020%. Tốt hơn là, hàm lượng C là lớn hơn 0,070%, tốt hơn nữa là lớn hơn 0,10%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 0,14%. Mặt khác, hàm lượng C bằng 0,30% hoặc lớn hơn làm giảm không chỉ độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng mà còn độ dễ hàn của tấm thép. Theo đó, hàm lượng C được xác định là nhỏ hơn 0,30%. Tốt hơn là, hàm lượng C là nhỏ hơn 0,25%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,20%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,17%.

Si: lớn hơn 0,10% đến 3,00% hoặc nhỏ hơn

Si có tác dụng cải thiện độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng nhờ vào việc ức chế sự lớn lên của hạt austenit trong quá trình tôi. Si là nguyên tố có tác dụng để làm tăng độ ổn định của austenit, và hiệu quả để thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây. Hàm lượng Si bằng 0,10% hoặc nhỏ hơn có thể khó thu được các hiệu quả gây ra do các tác dụng nêu trên. Theo đó, hàm lượng Si được xác định là lớn hơn 0,10%. Tốt hơn là, hàm lượng Si là lớn hơn 0,60%, tốt hơn nữa là lớn hơn 0,90%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 1,20%. Mặt khác, hàm lượng Si lớn hơn 3,00% làm giảm chất lượng bề mặt của tấm thép. Ngoài ra, đặc tính chuyển hóa hóa học và đặc tính mạ bị suy giảm đáng kể. Theo đó, hàm lượng Si được xác định là 3,00% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Si

nhỏ hơn 2,00%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 1,80%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 1,60%.

Trong trường hợp chứa Al được mô tả dưới đây, hàm lượng Si và hàm lượng sol.Al tốt hơn là thỏa mãn công thức (3) dưới đây, tốt hơn nữa là thỏa mãn công thức (4) dưới đây, và vẫn tốt hơn nữa là thỏa mãn công thức (5) dưới đây.

$$\text{Si} + \text{sol.Al} > 0,60 \dots (3)$$

$$\text{Si} + \text{sol.Al} > 0,90 \dots (4)$$

$$\text{Si} + \text{sol.Al} > 1,20 \dots (5)$$

trong đó trong các công thức này, Si là hàm lượng Si, và sol.Al là hàm lượng Al hòa tan bằng axit dưới dạng phần trăm khối lượng trong thép.

Mn: lớn hơn 1,00% đến 3,50% hoặc nhỏ hơn

Mn là nguyên tố, mà có tác dụng làm tăng đặc tính hóa cứng của thép, và hiệu quả để thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây. Hàm lượng Mn bằng 1,00% hoặc nhỏ hơn có thể khó thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây. Theo đó, hàm lượng Mn được xác định là lớn hơn 1,00%. Tốt hơn là, hàm lượng Mn là lớn hơn 1,50%, tốt hơn nữa là lớn hơn 1,80%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 2,10%. Hàm lượng Mn dư làm cho sản phẩm thô biến đổi ở nhiệt độ thấp giãn nở theo chiều cán trong cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng, và làm tăng hạt austenit dư kích thước lớn trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi, dẫn đến sự suy giảm về độ cứng khi gia công và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng. Theo đó, hàm lượng Mn được xác định là 3,50% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Mn nhỏ hơn 3,00%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 2,80%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 2,60%.

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn

P là nguyên tố được bao gồm dưới dạng tạp chất trong thép, và tách biên hạt, và làm giòn thép này. Do đó, được ưu tiên xác định hàm lượng P nhỏ nhất có thể. Theo đó, hàm lượng P được xác định là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng P là nhỏ hơn 0,050%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,020%, vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,015%.

S: 0,010% hoặc nhỏ hơn

S là nguyên tố được bao gồm dưới dạng tạp chất trong thép, và tạo ra các thể vùi sulfua, và làm giảm độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng. Do đó, được ưu tiên xác định hàm lượng S nhỏ nhất có thể. Theo đó, hàm lượng S được xác định là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng S là nhỏ hơn 0,005%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,003%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,002%.

sol.Al (lượng Al hòa tan bằng axit): 2,00% hoặc nhỏ hơn

Al có tác dụng khử oxy trong thép nóng chảy. Thép theo sáng chế chứa Si có tác dụng khử oxy, mà tác dụng này là giống Al, và do đó Al không phải luôn luôn cần được bao gồm. Mặt khác, hàm lượng Al có thể gần với 0% nếu có thể. Trong trường hợp chứa Al để làm tăng quá trình khử oxy, Al có thể tốt hơn là được bao gồm dưới dạng sol.Al, mà hàm lượng của nó bằng 0,0050% hoặc lớn hơn. Tốt hơn nữa là, hàm lượng sol.Al là lớn hơn 0,020%. Ngoài ra, Al là nguyên tố có tác dụng để làm tăng độ ổn định của austenit tương tự Si, và hiệu quả để thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây, do đó Al có thể được bao gồm để dùng cho mục đích này. Trong trường hợp này, hàm lượng sol.Al tốt hơn là lớn hơn 0,040%, tốt hơn nữa là lớn hơn 0,050%, và vẫn tốt hơn nữa là lớn hơn 0,060%.

Mặt khác, nếu hàm lượng sol.Al quá cao, thì không chỉ lỗi bề mặt do nguyên nhân từ nhôm oxit, mà còn do nhiệt độ biến đổi tăng cao đáng kể, mà điều này dẫn đến khó thu được cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp. Theo đó, hàm lượng sol.Al được xác định là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng sol.Al là nhỏ hơn 0,60%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,20%, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,10%.

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố được bao gồm dưới dạng tạp chất trong thép, và làm giảm độ dẻo. Do đó, được ưu tiên xác định hàm lượng N nhỏ nhất có thể. Theo đó, hàm lượng N được xác định là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng N là 0,006% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Tấm thép theo sáng chế có thể chứa các nguyên tố sau dưới dạng các nguyên tố tùy ý.

Một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Ti: nhỏ hơn 0,050%, Nb: nhỏ hơn 0,050%, và V: 0,50% hoặc nhỏ hơn.

Ti, Nb, và V có tác dụng ức chế quá trình tái kết tinh trong quy trình cán nóng, nhờ đó làm tăng ứng suất cơ học, và làm mịn cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng. Chúng kết tủa dưới dạng cacbua hoặc nitrua, và có tác dụng hạn chế sự lớn lên của austenit trong quá trình tôi. Theo đó, một hoặc nhiều nguyên tố này có thể được bao gồm. Tuy nhiên, hàm lượng dư của các nguyên tố này gây bão hòa các hiệu quả gây ra do các tác dụng nêu trên, mà điều này là không kinh tế. Ngoài ra, hàm lượng dư của chúng làm tăng nhiệt độ của quá trình tái kết tinh trong quá trình tôi, mà tạo ra cấu trúc luyện kim không đồng nhất sau quy trình tôi, và làm suy giảm độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng. Ngoài ra, lượng kết tủa của cacbua hoặc nitrua gia tăng, tỷ số ứng suất tăng lên, và đặc tính cố định hình dạng cũng bị suy giảm.

Theo đó, hàm lượng Ti được xác định là nhỏ hơn 0,050%, hàm lượng Nb được xác định là nhỏ hơn 0,050%, và hàm lượng V được xác định là 0,50% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Ti là nhỏ hơn 0,040%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,030%; tốt hơn là, hàm lượng Nb là nhỏ hơn 0,040%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,030%; và tốt hơn là, hàm lượng V là 0,30% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,050%. Để thu được một cách hiệu quả hơn các hiệu quả gây ra do các tác dụng nêu trên, được ưu tiên là thỏa mãn hàm lượng bất kỳ sau: Ti: 0,005% hoặc lớn hơn, Nb: 0,005% hoặc lớn hơn, và V: 0,010% hoặc lớn hơn. Trong trường hợp chứa Ti, tốt hơn nữa nếu xác định hàm lượng Ti bằng 0,010% hoặc lớn hơn; trong trường hợp chứa Nb, tốt hơn nữa nếu xác định hàm lượng Nb là 0,010% hoặc lớn hơn; và trong trường hợp chứa V, tốt hơn nữa nếu xác định hàm lượng V là 0,020% hoặc lớn hơn.

Một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Cr: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,50% hoặc nhỏ hơn, và B: 0,010% hoặc nhỏ hơn.

Cr, Mo, và B là các nguyên tố có tác dụng làm tăng đặc tính tôi của thép, và hiệu quả để thu được cấu trúc luyện kim được đề cập trên đây. Theo đó, một hoặc nhiều nguyên tố này có thể được bao gồm. Tuy nhiên, hàm lượng dư của các nguyên tố này, gây bão hòa hiệu quả gây ra bởi tác dụng nêu trên, mà điều này là không kinh tế. Theo đó, hàm lượng Cr được xác định là 1,0% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng Mo được xác định là 0,50% hoặc nhỏ hơn; và hàm lượng B được xác định là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn là 0,50% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng Mo tốt hơn là 0,20% hoặc nhỏ hơn; và hàm lượng B tốt hơn là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Để thu được một cách hiệu quả hơn hiệu quả tạo ra bởi tác dụng nêu trên, được ưu tiên là thỏa mãn: Cr: 0,20% hoặc lớn hơn, Mo: 0,05% hoặc lớn hơn, và B: 0,0010% hoặc lớn hơn.

Một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,010% hoặc nhỏ hơn, Mg: 0,010% hoặc nhỏ hơn, REM (tổng lượng các nguyên tố đất hiếm): 0,050% hoặc nhỏ hơn, và Bi: 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Ca, Mg, REM, và Bi tất cả đều có tác dụng cải thiện độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, bằng cách điều chỉnh hình dạng của các thể vùi trong trường hợp của Ca, Mg, và REM, và bằng cách làm mịn cấu trúc hóa rắn trong trường hợp Bi. Theo đó, một hoặc nhiều nguyên tố này có thể được bao gồm. Tuy nhiên, hàm lượng dư của các nguyên tố này gây bão hòa hiệu quả gây ra bởi tác dụng nêu trên, mà điều này là không kinh tế.

Theo đó, hàm lượng Ca được xác định là 0,010% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng Mg được xác định là 0,010% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng REM được xác định là 0,050% hoặc nhỏ hơn; và hàm lượng Bi được xác định là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0020% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng Mg tốt hơn là 0,0020% hoặc nhỏ hơn; hàm lượng REM tốt hơn là 0,0020% hoặc nhỏ hơn; và hàm lượng Bi tốt hơn là 0,010% hoặc nhỏ hơn. Để thu được một cách hiệu quả hơn tác dụng nêu trên, được ưu tiên là thỏa mãn: Ca: 0,0005% hoặc lớn hơn, Mg: 0,0005% hoặc lớn hơn, và REM: 0,0005% hoặc lớn hơn, và Bi: 0,0010% hoặc lớn hơn. REM là để chỉ nguyên tố đất hiếm, và là thuật ngữ chung đối với 17 nguyên

tổ trong tổng Sc, Y, và lantanit, và hàm lượng REM là hàm lượng tổng của các nguyên tố này.

3. Điều kiện sản xuất

Thép có thành phần hóa học được đề cập trên đây được làm nóng chảy bằng phương pháp đã biết, và sau đó được tạo ra ở dạng thỏi nhờ quy trình đúc liên tục, hoặc theo cách khác, được tạo ra ở dạng thỏi nhờ quy trình đúc bất kỳ, và sau đó được tạo thành dạng thanh nhờ phương pháp cán hoặc phương pháp tương tự. Trong quy trình đúc liên tục này, để hạn chế sự tạo thành lỗi bề mặt do nguyên nhân từ các thể vùi, được ưu tiên là khuấy thép nóng chảy sử dụng khuấy điện từ hoặc phương tiện tương tự trong thép nóng chảy trong khuôn đúc. Thỏi thép hoặc thanh thép, mà được làm mát một lần, có thể được gia nhiệt lại để được cán nóng; hoặc thỏi ở trạng thái nhiệt độ cao sau khi đúc liên tục, hoặc thanh ở trạng thái nhiệt độ cao sau khi được tạo thành dạng thanh có thể được cán nóng, hoặc theo cách khác, có thể được duy trì ở nhiệt độ cao hoặc được gia nhiệt nhờ quá trình gia nhiệt hỗ trợ để được cán nóng. Trong bản mô tả này, dạng thỏi và thanh này được đề cập chung dưới dạng "phôi" dùng làm nguyên liệu ban đầu để sử dụng trong quá trình cán nóng. Nhiệt độ của phôi để sử dụng trong quá trình cán nóng tốt hơn là nhỏ hơn 1250°C với mục đích ngăn ngừa sự thô hóa của austenit, và tốt hơn nữa là 1200°C hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của phôi để sử dụng trong quá trình cán nóng là không bị giới hạn cụ thể, và nhiệt độ bất kỳ có thể được sử dụng miễn sao quy trình cán nóng có thể được hoàn thành ở điểm A_{r3} hoặc lớn hơn, như được mô tả dưới đây.

Quy trình cán nóng được hoàn thành trong khoảng nhiệt độ ở điểm A_{r3} hoặc lớn hơn sao cho tạo ra austenit sau khi hoàn thành quy trình cán nóng, nhờ đó làm mịn cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng. Nếu nhiệt độ cán hoàn thiện quá thấp, sản phẩm thô biến đổi ở nhiệt độ thấp giãn nở theo chiều cán được tạo ra, mà việc này làm tăng hạt austenit dư kích thước lớn trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi, và do đó độ cứng khi gia công và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng có thể bị suy giảm. Do đó, nhiệt độ cán hoàn thiện tốt hơn là điểm A_{r3} hoặc

cao hơn và cao hơn 820°C . Tốt hơn nữa nếu, nhiệt độ này là điểm Ar_3 hoặc cao hơn và cao hơn 850°C , và vẫn tốt hơn nữa là điểm Ar_3 hoặc cao hơn và cao hơn 880°C . Mặt khác, nếu nhiệt độ cán hoàn thiện quá cao, thì sự tích tụ ứng suất cơ học trở nên không được đầy đủ, và do đó khó để làm mịn được cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng. Theo đó, nhiệt độ cán hoàn thiện tốt hơn là thấp hơn 950°C , và tốt hơn nữa là thấp hơn 920°C . Với mục đích làm giảm tải lượng sản xuất, được ưu tiên là làm tăng nhiệt độ cán hoàn thiện, nhờ đó làm giảm tải lượng cán. Từ quan điểm này, nhiệt độ cán hoàn thiện tốt hơn là điểm Ar_3 hoặc cao hơn và cao hơn 780°C , và tốt hơn nữa là điểm Ar_3 hoặc cao hơn và cao hơn 800°C .

Trong trường hợp cán nóng bao gồm cán thô và cán hoàn thiện, để hoàn thành quy trình cán hoàn thiện này ở nhiệt độ nêu trên, vật liệu được cán thô có thể được gia nhiệt giữa quy trình cán thô và quy trình cán hoàn thiện. Khi đó, được ưu tiên là gia nhiệt vật liệu cán thô sao cho đầu đầu phía sau của nó có nhiệt độ cao hơn nhiệt độ của đầu phía trước của nó, nhờ đó làm giảm sự biến đổi nhiệt độ trong toàn bộ chiều dài của vật liệu cán thô ở thời điểm bắt đầu của quy trình cán hoàn thiện là 140°C hoặc nhỏ hơn. Cấu hình này làm tăng độ đồng nhất của đặc tính sản phẩm trong cuộn.

Phương pháp gia nhiệt vật liệu cán thô có thể được tiến hành sử dụng các thiết bị đã biết. Ví dụ, thiết bị gia nhiệt cảm ứng kiểu cuộn dây có thể được bố trí giữa máy cán thô và máy cán hoàn thiện, nhờ đó kiểm soát được sự gia tăng nhiệt độ gia nhiệt dựa trên sự phân bố nhiệt độ theo chiều dọc của vật liệu cán thô phía trước của thiết bị gia nhiệt kiểu cuộn dây, hoặc theo cách tương tự.

Việc làm giảm kích thước bằng cách cán của quy trình cán nóng được xác định sao cho việc làm giảm kích thước bằng cách cán của lần cán qua cuối cùng trở nên lớn hơn 25% dưới dạng tỷ lệ giảm của chiều dày tấm. Điều này với mục đích làm tăng ứng suất cơ học đưa vào austenit, làm mịn cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng, hạn chế sự tạo thành hạt austenit dư kích thước lớn trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi, và cũng làm mịn hạt bcc. Trong trường hợp pha thứ hai chứa ferit đa giác, điều này là với mục đích làm mịn ferit đa giác. Tốt

hơn là, việc làm giảm kích thước bằng cách cán trong lần cán qua cuối cùng là lớn hơn 30%, và tốt hơn nữa là lớn hơn 40%. Tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán quá cao sẽ làm tăng tải lượng cán, mà điều này gây khó khăn cho quy trình cán. Theo đó, tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán trong lần cán qua cuối cùng tốt hơn là nhỏ hơn 55%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 50%. Với mục đích làm giảm tải lượng cán, quy trình được gọi là cán bôi trơn có thể được tiến hành theo cách sao cho dầu cán được phủ vào giữa các con lăn và tấm thép để làm giảm hệ số ma sát trong quá trình cán.

Sau khi cán nóng, tấm thép nhanh chóng được làm mát xuống khoảng nhiệt độ bằng 720°C hoặc thấp hơn trong 0,40 giây sau khi hoàn thành quá trình cán. Điều này là với mục đích làm giảm sự giải phóng ứng suất cơ học được đưa vào austenit thông qua quy trình cán, sự biến đổi của austenit sử dụng ứng suất cơ học làm lực truyền động, làm mịn cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng, và làm giảm việc sinh ra hạt austenit dư kích thước lớn trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi cũng như làm mịn hạt bcc. Trong trường hợp pha thứ hai chứa ferit đa giác, điều này là với mục đích làm mịn ferit đa giác. Tốt hơn nếu, tấm thép nhanh chóng được làm mát xuống khoảng nhiệt độ bằng 720°C hoặc thấp hơn trong 0,30 giây sau khi hoàn thành quy trình cán, và tốt hơn nữa là, được làm mát nhanh chóng xuống khoảng nhiệt độ 720°C hoặc thấp hơn trong 0,20 giây sau khi hoàn thành quy trình cán. Do việc giải phóng ứng suất cơ học giảm khi tốc độ làm mát trung bình trong quá trình làm mát nhanh trở nên tăng cao hơn, được ưu tiên nếu tốc độ làm mát trung bình trong quá trình làm mát nhanh là 300°C/giây hoặc lớn hơn, nhờ đó làm mịn hơn nữa cấu trúc luyện kim của tấm thép cán nóng. Tốt hơn nữa nếu, tốc độ làm mát trung bình trong quá trình làm mát nhanh là 400°C/giây hoặc lớn hơn, và vẫn tốt hơn nữa là 600°C/giây hoặc lớn hơn. Không cần xác định một cách cụ thể thời gian từ khi hoàn thành việc cán đến khi bắt đầu làm mát nhanh cũng như tốc độ làm mát trong khoảng thời gian này.

Thiết bị để tiến hành quy trình làm mát nhanh là không bị giới hạn cụ thể, và trong công nghiệp, được ưu tiên là sử dụng thiết bị phun nước có mật độ cao; và

phương pháp này có thể bố trí đầu phun nước giữa các con lăn vận chuyển tấm được cán để phun nước áp suất cao với mật độ cao lên trên và xuống dưới tấm được cán.

Sau khi ngừng làm mát nhanh, tấm thép được cuộn trong khoảng nhiệt độ cao hơn 500°C . Điều này là do ion cacbua không kết tủa một cách đầy đủ trong tấm thép cán nóng nếu nhiệt độ làm mát là 500°C hoặc thấp hơn, và do đó hạt austenit dư kích thước lớn được sinh ra cũng như hạt bcc trở nên thô trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi. Tốt hơn là, nhiệt độ làm mát là lớn hơn 550°C , và tốt hơn nữa là lớn hơn 580°C . Mặt khác, nhiệt độ cuộn quá cao làm thô hóa ferit trong tấm thép cán nóng, do đó hạt austenit dư kích thước lớn được tạo ra trong cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi. Theo đó, nhiệt độ làm mát tốt hơn là thấp hơn 650°C , và tốt hơn nữa là thấp hơn 620°C .

Các điều kiện từ khi ngừng làm mát nhanh đến khi cuộn là không giới hạn một cách cụ thể, và được ưu tiên là giữ tấm thép trong khoảng nhiệt độ từ 720°C đến 600°C trong một giây hoặc lâu hơn sau khi ngừng việc làm mát nhanh. Phương pháp này thúc đẩy việc tạo ra ferit mịn. Ngược lại, thời gian duy trì quá lâu làm suy giảm năng suất, và do đó được ưu tiên xác định giới hạn trên của thời gian duy trì trong khoảng nhiệt độ từ 720°C đến 600°C trong vòng 10 giây. Sau khi tấm thép được giữ trong khoảng nhiệt độ từ 720°C đến 600°C , được ưu tiên làm mát tấm thép xuống nhiệt độ làm mát ở tốc độ làm mát bằng 20°C/giây hoặc lâu hơn với mục đích ngăn ngừa lớn lên của ferit được tạo ra.

Tấm thép cán nóng được tẩy gỉ bằng cách tẩy axit, hoặc phương pháp tương tự, và sau đó được cán nguội theo phương pháp thông thường. Trong quy trình cán nguội này, để khuyến khích sự tái kết tinh và làm đồng nhất cấu trúc luyện kim sau khi cán nguội và tôi, nhờ đó làm tăng cường độ dẻo uốn mép bằng cách kéo căng, được ưu tiên là làm giảm kích thước bằng cách cán nguội (tỷ lệ giảm tổng trong quy trình cán nguội) là 40% hoặc lớn hơn. Tỷ lệ giảm kích thước bằng cách cán nguội quá cao làm tăng tải lượng cán, mà điều này gây khó khăn cho quy trình cán,

và do đó được ưu tiên xác định giới hạn trên của làm giảm kích thước bằng cách cán nguội là nhỏ hơn 70%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 60%.

Tấm thép sau khi cán nguội được xử lý như tẩy dầu bằng phương pháp thông thường nếu cần, và sau đó tấm thép được trải qua quá trình tôi. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ trong quá trình tôi được xác định là (điểm A_{c3} - 40°C) hoặc cao hơn. Điều này là với mục đích thu được cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư. Để làm tăng tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và để làm tăng độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, được ưu tiên xác định nhiệt độ ủ là cao hơn (điểm A_{c3} - 20°C), và tốt hơn nữa là cao hơn điểm A_{c3} . Nhiệt độ ủ quá cao làm thô hóa mạnh austenit, do đó cấu trúc luyện kim sau quy trình tôi trở nên thô, sự tạo thành ferit đa giác là giảm, mà điều này dẫn đến sự suy giảm về độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng. Theo đó, được ưu tiên xác định giới hạn trên của nhiệt độ ủ là thấp hơn (điểm A_{c3} + 100°C), và tốt hơn nữa là thấp hơn (điểm A_{c3} + 50°C), và tốt hơn nữa là thấp hơn (điểm A_{c3} + 20°C). Việc xác định giới hạn trên của nhiệt độ ủ thấp hơn (điểm A_{c3} + 50°C) có thể làm mịn hạt bcc tới cỡ hạt trung bình của 7,0 μm hoặc nhỏ hơn, nhờ đó thu được một cách cụ thể độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng tuyệt vời.

Thời gian duy trì ở nhiệt độ ủ (thời gian tôi) không có giới hạn cụ thể bất kỳ; tuy nhiên, để thu được các đặc tính cơ học ổn định, thời gian duy trì tốt hơn là lâu hơn 15 giây, tốt hơn nữa là lâu hơn 60 giây. Mặt khác, nếu thời gian duy trì là quá lâu, thì austenit trở nên quá thô, khiến cho độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng có thể suy giảm. Do đó, thời gian duy trì tốt hơn là ngắn hơn 150 giây, tốt hơn nữa là ngắn hơn 120 giây.

Trong quá trình gia nhiệt trong quy trình tôi, để đồng nhất cấu trúc kim loại sau khi tôi bằng cách thúc đẩy sự kết tinh và để cải thiện hơn nữa độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, tốc độ gia nhiệt từ 700°C đến nhiệt độ ủ tốt hơn là nhỏ hơn 10,0°C/giây. Tốt hơn nữa là nhỏ hơn 8,0°C/giây, vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 5,0°C/giây.

Trong quy trình làm mát sau khi ủ trong quá trình tôi, để thúc đẩy sự tạo thành ferit đa giác mịn, và để làm tăng độ dẻo và độ cứng khi gia công, được ưu tiên làm mát tấm thép từ nhiệt độ ủ đến 50°C hoặc cao hơn ở tốc độ làm mát nhỏ hơn $5,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Tốc độ làm mát khi đó tốt hơn nữa là nhỏ hơn $3,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn $2,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Để làm tăng hơn nữa tỷ lệ thể tích của ferit đa giác, tấm thép tốt hơn nữa là được làm mát đến 80°C hoặc cao hơn, và vẫn tốt hơn nữa là được làm mát đến 100°C hoặc cao hơn, và tốt nhất là được làm mát đến 120°C hoặc cao hơn. Sau khi ủ ở ít nhất (điểm $\text{Ac}_3 + 50^{\circ}\text{C}$), bằng cách làm mát tấm thép ở tốc độ làm mát nhỏ hơn $5,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ từ nhiệt độ ủ đến 50°C hoặc lớn hơn, có thể tạo ra ferit đa giác, mà cỡ hạt trung bình của nó nhỏ hơn $5,0\ \mu\text{m}$ đến lớn hơn $2,0\ \mu\text{m}$ dưới dạng tỷ lệ thể tích tính theo toàn bộ cấu trúc, nhờ đó thu được một cách cụ thể độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng.

Để thu được cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, được ưu tiên làm mát tấm thép trong khoảng nhiệt độ bằng 650 đến 500°C ở tốc độ làm mát bằng $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lâu hơn. Tốt hơn nữa nếu làm mát tấm thép trong khoảng nhiệt độ bằng 650 đến 450°C ở tốc độ làm mát bằng $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lâu hơn. Khi tốc độ làm mát trở nên tăng cao hơn, tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp trở nên tăng cao hơn, và trong khoảng nhiệt độ bất kỳ nêu trên, tốt hơn nữa nếu xác định tốc độ làm mát là lớn hơn $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốt hơn nữa là lớn hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Mặt khác, tốc độ làm mát quá cao làm suy giảm hơn nữa hình dạng của tấm thép, và do đó được ưu tiên xác định tốc độ làm mát bằng $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn trong khoảng nhiệt độ bằng 650 đến 500°C . Tốc độ làm mát tốt hơn nữa là nhỏ hơn $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và vẫn tốt hơn nữa là nhỏ hơn $130^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Để đảm bảo lượng austenit dư, tấm thép được duy trì trong 30 giây hoặc lâu hơn trong khoảng nhiệt độ từ 450°C đến 340°C trong quy trình làm mát. Để làm tăng độ ổn định của austenit dư, nhờ đó làm tăng hơn nữa độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, khoảng nhiệt độ duy trì này tốt hơn là từ 430°C đến 360°C . Khi thời gian duy trì được thiết lập lâu hơn, độ ổn định của

austenit dư được cải thiện hơn; do đó, thời gian duy trì tốt hơn là được xác định ở 60 giây hoặc lâu hơn. Thời gian duy trì tốt hơn nữa là 120 giây hoặc lâu hơn, và vẫn tốt hơn nữa là lâu hơn 300 giây.

Trong trường hợp nếu tấm thép được mạ điện được tạo ra, sau khi tấm thép cán nguội tạo ra được bằng phương pháp được nêu trên đây được trải qua các bước chuẩn bị đã biết để làm sạch và xử lý bề mặt, quá trình mạ điện chỉ được tiến hành theo phương pháp thông thường. Thành phần hóa học được và trọng lượng của lớp mạ là không có giới hạn cụ thể bất kỳ. Dùng làm phương pháp mạ điện, phương pháp mạ kẽm bằng điện, phương pháp mạ điện hợp kim Zn-Ni, và các phương pháp tương tự là được đề cập.

Trong trường hợp nếu tấm thép mạ nhúng nóng được tạo ra, tấm thép được xử lý trong phương pháp được nêu trên đây tùy thuộc vào quy trình tôi, và sau khi được duy trì trong khoảng nhiệt độ từ 450°C đến 340°C trong 30 giây hoặc lâu hơn, tấm thép được gia nhiệt nếu cần, và được nhúng trong bể mạ để mạ nhúng nóng. Để làm tăng độ ổn định của austenit dư và để cải thiện hơn nữa độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng, khoảng nhiệt độ duy trì tốt hơn là từ 430°C đến 360°C. Ngoài ra, khi thời gian duy trì lâu hơn, thì độ ổn định của austenit dư tăng lên. Do đó, thời gian duy trì tốt hơn là 60 giây hoặc lâu hơn, tốt hơn nữa là 120 giây hoặc lâu hơn, và vẫn tốt hơn nữa là 300 giây hoặc lâu hơn. Tấm thép có thể được gia nhiệt lại sau khi được mạ nhúng nóng để xử lý hợp kim. Thành phần hóa học được và trọng lượng của lớp mạ lắng đọng là không có giới hạn cụ thể bất kỳ. Dùng làm loại lớp mạ nhúng nóng, lớp mạ kẽm, lớp mạ nhôm nhúng nóng, lớp mạ hợp kim Zn-Al nhúng nóng, lớp mạ hợp kim Zn-Al-Mg nhúng nóng, lớp mạ hợp kim Zn-Al-Mg-Si nhúng nóng, và các lớp mạ tương tự có thể được đề cập.

Tấm thép được mạ có thể được trải qua quy trình xử lý chuyển hóa hóa học thích hợp sau khi được mạ để làm tăng hơn nữa khả năng chống ăn mòn. Thay vì phương pháp xử lý bằng crom thông thường, phương pháp xử lý chuyển hóa hóa học tốt hơn là được tiến hành bằng cách sử dụng dung dịch chuyển hóa hóa học loại không chứa crom (ví dụ, trên cơ sở silicat hoặc phosphat).

Do đó, tấm thép cán nguội và tấm thép được mạ thu được có thể được trải qua quy trình cán phẳng theo phương pháp thông thường. Tuy nhiên, phần trăm giãn dài lớn của quy trình cán phẳng dẫn đến sự suy giảm độ dẻo. Do đó, phần trăm giãn dài của quy trình cán phẳng tốt hơn là 1,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa được bao gồm là 0,5% hoặc nhỏ hơn

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả bằng cách sử dụng ví dụ dưới đây. Sáng chế không chỉ giới hạn ở các ví dụ này.

Ví dụ 1

Sử dụng lò thực nghiệm nấu chảy trong chân không, các loại thép có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 được nấu chảy và được đúc. Mỗi thỏi thép thu được được tạo ra thành dạng thanh có độ dày bằng 30 mm nhờ quá trình dập nóng. Mỗi thanh này được gia nhiệt đến 1200°C sử dụng lò gia nhiệt bằng điện, và được duy trì ở nhiệt độ này trong 60 phút, và sau đó được cán nóng dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 2.

Cụ thể, bằng cách sử dụng máy cán nóng thực nghiệm, cán qua 6 lần được tiến hành trong khoảng nhiệt độ điểm Ar_3 hoặc cao hơn để tạo ra tấm thép có độ dày từ 2 đến 3 mm. Tỷ lệ cán giảm kích thước của lần cán qua cuối cùng được thiết lập từ 12% đến 42% chiều dày tấm. Sau khi cán nóng, tấm thép này được làm mát xuống nhiệt độ từ 650°C đến 720°C trong các điều kiện làm mát khác nhau bằng cách sử dụng phương pháp phun nước. Sau đó được làm mát tự nhiên trong 5 đến 10 giây, tấm thép này được làm mát xuống các nhiệt độ khác nhau ở tốc độ làm mát bằng 60°C/giây, và các nhiệt độ này được tính là nhiệt độ cuộn. Tấm thép được nạp vào trong lò gia nhiệt bằng điện, mà được giữ ở nhiệt độ đó, và được giữ trong 30 phút. Sau đó, việc làm mát từ từ sau khi cuộn được thúc đẩy bằng cách làm mát trong lò tấm thép tới nhiệt độ trong phòng ở tốc độ làm mát bằng 20°C/giờ, nhờ đó thu được tấm thép cán nóng.

Mỗi tấm thép cán nóng thu được được tẩy axit để tạo ra kim loại nền để cán nguội, và được trải qua quy trình cán nguội với tỷ lệ giảm kích thước bằng cách

cán từ 50% đến 60%, nhờ đó tạo ra tấm thép cán nguội có độ dày bằng 1,0 đến 1,2mm. Việc sử dụng thiết bị mô phỏng tôi liên tục, mỗi tấm thép cán nguội được tạo ra được gia nhiệt đến 550°C ở tốc độ gia nhiệt bằng $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và sau đó, được gia nhiệt đến mỗi nhiệt độ được thể hiện trong bảng 2 ở tốc độ gia nhiệt bằng $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và sau đó được ủ trong 95 giây. Sau đó, mỗi tấm thép cán nguội được trải qua quá trình làm mát thứ nhất để làm mát xuống mỗi nhiệt độ được thể hiện trong bảng 2, được trải qua quá trình làm mát thứ hai từ nhiệt độ ngừng của quá trình làm mát thứ nhất xuống mỗi nhiệt độ ngừng làm mát được thể hiện trong bảng 2 ở tốc độ làm mát bằng $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và được duy trì ở nhiệt độ này trong 330 giây, và sau đó được làm mát xuống nhiệt độ trong phòng, nhờ đó thu được tấm thép được tôi.

Bảng 1

Bảng 1											
Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng) (thành phần còn lại: Fe và tạp chất)								Điểm Ac ₃ (°C)	Điểm Ar ₃ (°C)	
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Khác			
A	0,124	0,05*	2,97	0,011	0,003	0,031	0,0041		792	698	
B	0,145	0,99	2,49	0,012	0,004	0,029	0,0048		836	742	
C	0,147	0,98	2,48	0,011	0,003	0,030	0,0038	Nb:0,011	840	753	
D	0,145	1,25	2,49	0,010	0,001	0,049	0,0030		846	742	
E	0,149	1,49	2,48	0,010	0,001	0,050	0,0035		862	752	
F	0,146	1,25	2,48	0,009	0,001	0,150	0,0032	Nb:0,010	874	764	
G	0,166	1,51	2,53	0,010	0,001	0,048	0,0032	Nb:0,011	856	741	
H	0,174	1,26	2,50	0,008	0,001	0,050	0,0032	Nb:0,013	839	742	
I	0,176	1,26	2,51	0,008	0,001	0,051	0,0031	Nb:0,011	843	736	
J	0,175	1,25	2,50	0,008	0,001	0,050	0,0033	Ti:0,021	848	750	
K	0,175	1,30	2,53	0,008	0,001	0,045	0,0030	Nb:0,010	849	731	
L	0,184	1,28	2,24	0,009	0,001	0,050	0,0032	Nb:0,011	854	754	
M	0,203	1,28	1,93	0,009	0,001	0,051	0,0027	Nb:0,011	855	768	
N	0,197	1,26	1,92	0,009	0,001	0,140	0,0033	Nb:0,010	870	781	
O	0,198	1,26	2,22	0,009	0,001	0,143	0,0031	Nb:0,011	855	758	
P	0,197	1,28	2,24	0,009	0,001	0,151	0,0029	Nb:0,011 Cr:0,30	848	786	
Q	0,150	1,51	2,51	0,008	0,001	0,052	0,0034	V:0,11 REM:0,0006	872	783	
R	0,151	1,50	2,52	0,009	0,001	0,047	0,0031	Bi:0,008	862	772	
S	0,149	1,25	2,47	0,009	0,001	0,152	0,0033	Ca:0,0009 Mg:0,0007	864	775	
T	0,148	1,26	2,48	0,009	0,001	0,141	0,0030	Mo:0,10 B:0,0015	877	741	

1. Điểm Ac₃ được xác định từ sự biến đổi dần do nhiệt ở thời điểm khi tấm thép cán nguội được gia nhiệt ở tốc độ 2°C/giây.

2. Điểm Ar₃ được xác định từ sự biến đổi dần do nhiệt ở thời điểm khi tấm thép cán nguội được gia nhiệt tới 900°C và sau đó được làm mát ở tốc độ 0,01°C/giây.

Ghi
chú

Bảng 2

Thứ nghị Số	Thép	Điều kiện cán nóng							Điều kiện tôi			
		Tỷ lệ giảm của lần cán qua cuối (%)	Độ dày tấm sau khi cán ¹⁾ (mm)	Nhiệt độ cán hoàn thiện (°C)	Nhiệt độ ngừng của quá trình làm mát nhanh (°C)	Thời gian đến khi dừng làm mát nhanh ²⁾ (giây)	Tốc độ làm mát trung bình ³⁾ (°C/giây)	Nhiệt độ làm mát ⁴⁾ (°C)	Nhiệt độ ủ (°C)	Tốc độ làm mát lần đầu (°C/giây)	Nhiệt độ ngừng việc làm mát lần đầu (°C)	Nhiệt độ ngừng làm mát lần thứ hai (°C)
1	A*	22	2,0	830	650	0,17	1200	600	850	1,7	700	400
2	B	25	3,0	830	680	4,14	61	600	820	2,0	700	350
3	B	25	3,0	840	710	0,20	722	600	790	2,0	700	350
4	C	25	3,0	830	670	4,14	65	600	820	2,0	700	350
5	C	25	3,0	850	690	0,20	889	RT	820	2,0	700	350
6	D	42	2,0	900	660	0,18	1500	520	850	1,7	700	375
7	E	33	2,0	900	660	0,17	1600	600	850	1,7	700	350
8	E	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	850	1,7	700	350
9	F	33	2,0	900	660	0,17	1600	520	850	1,7	700	375
10	G	33	2,0	900	650	0,17	1667	540	865	1,8	700	350
11	H	22	2,0	900	720	5,52	51	600	850	1,7	700	350
12	I	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	850	1,7	700	425
13	I	33	2,0	900	660	0,17	1600	RT	850	1,7	700	375
14	I	33	2,0	900	660	0,17	1600	600	900	2,2	700	425
15	J	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	850	1,7	700	400
16	J	33	2,0	900	660	0,17	1600	600	900	2,2	700	400
17	K	12	2,0	900	660	0,15	1846	560	850	1,7	700	375
18	K	33	2,0	900	660	0,17	1600	600	790	1,0	700	400
19	K	42	2,0	900	660	0,17	1600	560	910	6,0	790	425
20	K	42	2,0	900	660	0,17	1600	560	850	0,4	810	425

21	L	33	2,0	900	660	0,17	1600	600	850	1,7	700	400
22	L	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	850	1,7	700	400
23	M	33	2,0	900	670	0,17	1533	600	850	1,7	700	350
24	M	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	850	1,7	700	400
25	N	33	2,0	900	660	0,18	1500	510	850	1,7	700	400
26	O	33	2,0	900	670	0,17	1533	520	850	1,7	700	400
27	P	33	2,0	900	660	0,18	1500	510	850	1,7	700	350
28	Q	42	2,0	900	650	0,18	1563	560	865	1,8	700	350
29	R	42	2,0	900	650	0,18	1563	560	865	1,8	700	350
30	S	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	865	1,8	700	400
31	T	42	2,0	900	660	0,18	1500	560	865	1,8	700	400

- 1) Độ dày tấm của tấm thép cán nóng.
- 2) Thời gian từ khi hoàn thành việc cán đến khi ngừng làm mát nhanh.
- 3) Tốc độ làm mát trung bình trong khi làm mát nhanh.
- 4) RT là nhiệt độ trong phòng.

Mẫu thử nghiệm để đánh giá bằng SEM được lấy mẫu từ tấm thép được tôi, và bề mặt cắt ngang theo chiều dọc của nó song song với chiều cán được đánh bóng. Sau đó, được khắc axit bằng nital và cấu trúc luyện kim được quan sát ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép, và bằng cách xử lý ảnh, tỷ lệ thể tích của sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp và ferit đa giác được đo. Ngoài ra, cỡ hạt trung bình (đường kính tương đương đường tròn - circle equivalent diameter) của ferit đa giác được xác định bằng cách chia diện tích chiếm bởi toàn bộ ferit đa giác cho số lượng các hạt ferit đa giác tinh thể.

Ngoài ra, mẫu thử nghiệm để đo XRD được lấy mẫu từ tấm thép được tôi, và bề mặt được cán được đánh bóng hóa học xuống vị trí sâu bằng một phần tư tính từ bề mặt của tấm thép. Sau đó, thử nghiệm nhiễu xạ tia X được tiến hành để đo tỷ lệ thể tích của austenit dư. Cụ thể, RINT2500 sản xuất bởi Rigaku Corporation được sử dụng làm nhiễu xạ kế tia X, và các chùm $\text{Co-K}\alpha$ được sử dụng để đo cường độ tích phân của các đỉnh nhiễu xạ (110), (200), (211) của pha α và các đỉnh nhiễu xạ (111), (200), (220) của pha γ , nhờ đó tỷ lệ thể tích của austenit dư được xác định.

Ngoài ra, mẫu thử nghiệm cho việc đánh giá EBSP được lấy mẫu từ tấm thép được tôi, và bề mặt cắt ngang theo chiều dọc của nó song song với chiều cán được đánh bóng bằng điện. Sau đó, cấu trúc luyện kim được quan sát ở vị trí sâu bằng một phần tư chiều dày tính từ bề mặt của tấm thép, và bằng cách phân tích ảnh, cỡ hạt trung bình của hạt bcc, sự phân bố cỡ hạt austenit dư và cỡ hạt austenit dư trung bình được đo. Cụ thể, dùng làm thiết bị đánh giá EBSP, OIM5 sản xuất bởi TSL Solutions K.K. được sử dụng, chùm electron được chiếu ở bước bằng 0,1 μm trong vùng có kích thước 50 μm theo chiều dày của tấm và 100 μm theo chiều cán, và trong số các dữ liệu thu được, dữ liệu, mà ở đó chỉ số tin cậy là 0,1 hoặc cao hơn, được sử dụng làm dữ liệu hữu ích để tạo ra sự điều chỉnh pha bcc và pha fcc.

Mỗi vùng được quan sát dưới dạng pha bcc, và được bao quanh bởi các biên hạt, mà góc lệch hướng của nó là 15° hoặc lớn hơn, được xử lý dưới dạng một hạt bcc, và đường kính tương đương tròn và diện tích của mỗi hạt bcc được xác định để tính cỡ hạt trung bình theo công thức (1) được đề cập trên đây. Trong phương

pháp tính cỡ hạt trung bình này, hạt bcc đường kính tương đương tròn của nó là 0,47 μm hoặc lớn hơn được xử lý dưới dạng hạt bcc hữu ích. Mặc dù, nói đúng là, cấu trúc tinh thể của martensit là mạng lưới tứ giác thể tâm (bct), không có hằng số mạng được tính đến trong việc đánh giá cấu trúc luyện kim sử dụng EBSD, sao cho martensit cũng được xử lý dưới dạng pha bcc.

Với vùng, mà được đánh giá dùng làm pha fcc và được bao quanh bởi pha nền bao gồm một hạt austenit dư, đường kính tương đương tròn của hạt austenit dư riêng lẻ được xác định. Cỡ hạt austenit dư trung bình được tính dưới dạng giá trị trung bình của đường kính tương đương tròn của hạt austenit dư hữu ích riêng lẻ, hạt austenit dư hữu ích là hạt austenit dư, mà mỗi hạt có đường kính tương đương tròn bằng 0,15 μm hoặc lớn hơn. Ngoài ra, mật độ số hạt (N_R) trên mỗi đơn vị diện tích của hạt austenit dư mỗi hạt có cỡ hạt bằng 1,2 μm hoặc lớn hơn là được xác định.

Ứng suất đàn hồi (YS) và độ bền kéo (TS) được xác định bằng cách lấy mẫu mẫu thử nghiệm kéo căng JIS số 5 dọc theo chiều vuông góc với chiều cán từ tấm thép được tôi, và bằng cách tiến hành thử nghiệm kéo tốc độ kéo bằng 10 mm/phút. Độ giãn tổng (El) được xác định như sau: thử nghiệm kéo được tiến hành bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm kéo căng JIS số 5 được lấy mẫu dọc theo chiều vuông góc với chiều cán, và bằng cách sử dụng giá trị đo được thực tế (El_0), giá trị chuyển đổi của độ giãn tổng tương ứng với trường hợp ở đó độ dày tấm là 1,2 mm được xác định dựa trên công thức (2) nêu trên. Hệ số tăng cứng cơ học (giá trị n) được xác định với khoảng ứng suất bằng 5% đến 10% bằng cách tiến hành thử nghiệm kéo bằng cách sử dụng mẫu thử nghiệm kéo căng JIS số 5 được lấy mẫu dọc theo chiều vuông góc với chiều cán. Cụ thể, giá trị n được tính bằng phương pháp hai điểm bằng cách sử dụng lực thử nghiệm so với ứng suất danh định bằng 5% và 10%.

Độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng được đánh giá bằng cách đo tỷ lệ giãn lõ giới hạn (λ) bằng phương pháp được mô tả dưới đây. Từ tấm thép được tôi, mẫu thử nghiệm giãn lõ 10 mm vuông được lấy mẫu. lõ được đục có đường kính 10

mm được tạo ra với độ hở bằng 12,5%, lỗ được đục này được làm giãn từ phía bên lõm bằng cách sử dụng dụng cụ đục lỗ dạng côn có góc đỉnh bằng 60° , và tỷ lệ giãn của lỗ ở thời điểm khi khe nứt xuyên qua chiều dày tấm được tạo ra là được đo. Tỷ lệ giãn này được sử dụng làm tỷ lệ giãn lỗ giới hạn.

Bảng 3 thể hiện các kết quả đánh giá cấu trúc luyện kim và các kết quả đánh giá hiệu quả của tấm thép cán nguội sau khi được tôi. Trong các bảng từ 1 đến 3, dấu hiệu “*” được gắn với biểu tượng hoặc số thể hiện rằng biểu tượng hoặc số này là nằm ngoài khoảng của sáng chế.

Bảng 3

Thử nghiệm Số		Thép	Độ dày tấm thép cán nguội (mm)	Cấu trúc kim loại của tấm thép cán nguội								Đặc tính cơ học của tấm thép cán nguội ²⁾							
				Tỷ lệ thể tích (%)			Cỡ hạt trung bình (μm)			N _R ¹⁾ (hạt/μm ²)	YS (MPa)	TS (MPa)	El (%)	Giá trị n	λ (%)	TS×El (MPa%)	TS×giá trị n (MPa)	TS ^{1,7} ×λ (MPa ^{1,7} %)	
				Sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp	Austenit dư	Ferit đa giác	Ferit đa giác	Hạt boc	Austenit dư										
1	A*	1,0	78	4,0*	18	6,4	8,5	0,81*	0,005	502	716	24,8	0,175	47	17757	125	3353127		
2	B	1,2	64	10	26	6,8	8,0	0,82*	0,037*	503	978	17,1	0,148	35	16724	145	4242717		
3	B	1,2	39*	8	53	4,8	5,6	0,83*	0,039*	520	1056	15,5	0,159	32	16368	168	4419556		
4	C	1,2	64	8	28	7,3	7,5	0,71	0,036*	511	1020	16,0	0,143	33	16320	146	4296692		
5	C	1,2	65	10	25	5,9	7,4	0,72	0,036*	586	1042	13,8	0,141	33	14380	147	4455424		
6	D	1,0	86	7	7	1,4	4,3	0,42	0,006	521	952	22,1	0,202	83	21039	192	9610830		
7	E	1,0	80	8	12	2,5	4,1	0,44	0,007	512	963	22,3	0,200	57	21475	193	6730379		
8	E	1,0	78	8	14	3,2	4,2	0,43	0,006	519	964	22,1	0,189	74	21304	182	8753116		
9	F	1,0	73	10	17	3,2	5,6	0,55	0,018	606	1003	21,5	0,167	57	21565	168	7212510		
10	G	1,0	83	8	9	1,6	4,8	0,52	0,015	633	1095	18,9	0,161	66	20696	176	9695003		
11	H	1,0	90	8	2,0	0,6	7,6	0,74	0,036*	760	1084	17,3	0,136	29	18753	147	4187432		
12	I	1,0	80	15	5	0,8	5,1	0,50	0,014	685	1034	23,4	0,186	48	24196	192	6396261		
13	I	1,0	89	9	2,0	1,0	7,5	0,73	0,036*	738	1051	18,0	0,141	30	18918	148	4110038		
14	I	1,0	85	13	2,0	0,8	7,1	0,62	0,027	696	1039	18,7	0,157	57	19429	163	7658104		
15	J	1,0	80	14	6	1,0	5,3	0,51	0,013	670	1023	22,9	0,190	49	23427	194	6411869		
16	J	1,0	85	13	2,0	1,1	7,2	0,64	0,028	715	1045	18,4	0,154	58	19228	161	7869111		
17	K	1,0	90	8	2,0	0,9	7,5	0,71	0,036*	736	1040	18,2	0,143	30	18928	149	4037178		
18	K	1,0	42*	13	45	4,9	5,8	0,82*	0,040*	642	990	20,5	0,196	27	20295	194	3341516		
19	K	1,0	88	12	0,0	—	7,2	0,62	0,028	792	1099	17,3	0,147	62	19013	162	9164057		
20	K	1,0	87	13	0,0	—	5,4	0,58	0,026	799	1065	18,1	0,153	67	19277	163	9387915		
21	L	1,0	78	12	10	2,2	4,9	0,51	0,013	501	930	23,5	0,243	55	21855	226	6120455		
22	L	1,0	77	13	10	2,0	5,0	0,51	0,014	457	937	22,3	0,243	54	20895	228	6086268		
23	M	1,0	65	10	25	4,7	5,1	0,54	0,018	569	985	22,6	0,172	52	22261	169	6380356		

24	M	1,0	61	13	26	4,8	6,3	0,62	0,025	575	901	26,4	0,184	59	23786	166	6221343
25	N	1,0	61	14	25	4,5	6,2	0,65	0,028	527	879	27,1	0,193	64	23821	170	6470846
26	O	1,0	74	12	14	2,3	5,2	0,55	0,021	693	993	22,2	0,169	53	22045	168	6593099
27	P	1,0	85	11	4	0,7	4,6	0,43	0,008	571	1071	19,3	0,187	49	20670	200	6931675
28	Q	1,0	77	8	15	2,9	4,1	0,42	0,006	587	1011	21,5	0,192	77	21737	194	9875695
29	R	1,0	77	9	14	2,8	4,1	0,41	0,007	535	986	21,6	0,199	72	21298	196	8849592
30	S	1,0	84	9	7	1,4	4,2	0,43	0,007	699	1061	20,3	0,177	86	21538	188	11973320
31	T	1,0	73	10	17	2,5	4,3	0,47	0,010	534	999	22,8	0,212	75	22777	212	9425895

1)N_R: Mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó là 1,2µm hoặc lớn hơn;

2)EI: Độ dẫn tổng được chuyển đổi tương ứng với độ dày tấm của 1,2 mm,

λ: Tỷ lệ giãn lỗ giới hạn,

Giá trị n: Hệ số hóa cứng cơ học;

Mỗi tấm thép nằm thuộc phạm vi của sáng chế có các kết quả thử nghiệm sau: giá trị TS $\times$ El bằng 19000 MPa% hoặc lớn hơn, giá trị TS_{sn} bằng 160 hoặc lớn hơn, và giá trị TS^{1,7} $\times$ λ bằng 6000000 MPa^{1,7}% hoặc lớn hơn, mà thể hiện độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng ưu tiên. Cụ thể, trong tấm thép, mà có cỡ hạt trung bình của hạt bcc bằng 7,0 μ m hoặc nhỏ hơn, và/hoặc có pha thứ hai của nó bao gồm austenit dư cũng như ferit đa giác mà tỷ lệ thể tích của nó lớn hơn 2,0% đến nhỏ hơn 27,0%, và cỡ hạt trung bình của nó nhỏ hơn 5,0 μ m, giá trị TS $\times$ El bằng 20000 MPa% hoặc lớn hơn, giá trị TS_{sn} bằng 165 hoặc lớn hơn, và giá trị TS^{1,7} $\times$ λ bằng 6000000 MPa^{1,7}% hoặc lớn hơn, mà thể hiện hơn nữa độ dẻo, độ cứng khi gia công, và độ dễ uốn mép bằng cách kéo căng được tăng cường.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội, khác biệt ở chỗ, tấm thép này chứa các thành phần hóa học sau (tính theo % khối lượng): C: lớn hơn 0,020% đến nhỏ hơn 0,30%; Si: lớn hơn 0,10% đến nhiều nhất là 3,00%; Mn: lớn hơn 1,00% đến nhiều nhất là 3,50%; P: nhiều nhất là 0,10%; S: nhiều nhất là 0,010%; sol.Al (lượng Al hòa tan bằng axit): ít nhất là 0% và nhiều nhất là 2,00%; N: nhiều nhất là 0,010%; Ti: ít nhất là 0% và nhỏ hơn 0,050%; Nb: ít nhất là 0% và nhỏ hơn 0,050%; V: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,50%; Cr: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 1,0%; Mo: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,50%; B: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,010%; Ca: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,010%; Mg: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,010%; REM (tổng lượng các nguyên tố đất hiếm): ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,050%; Bi: ít nhất là 0% và nhiều nhất là 0,050%; và lượng còn lại là Fe và các tạp chất, và

khác biệt ở chỗ, tấm thép này có cấu trúc luyện kim, mà pha chính của nó là sản phẩm biến đổi ở nhiệt độ thấp, và pha thứ hai của nó chứa austenit dư, austenit dư này có tỷ lệ thể tích lớn hơn 4,0% đến nhỏ hơn 25,0% tính theo toàn bộ cấu trúc, và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 0,80 μm ,

trong đó, đối với austenit dư, mật độ số hạt của hạt austenit dư, mà cỡ hạt của nó là 1,2 μm hoặc lớn hơn, là $3,0 \times 10^{-2}$ hạt/ μm^2 hoặc nhỏ hơn.

2. Tấm thép cán nguội theo điểm 1, trong đó cỡ hạt trung bình của các hạt có cấu trúc bcc và các hạt có cấu trúc bct, được bao quanh bởi biên hạt có góc lệch hướng là 15° hoặc lớn hơn, là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn trong cấu trúc luyện kim.

3. Tấm thép cán nguội theo điểm 1, trong đó:

trong cấu trúc luyện kim, pha thứ hai chứa austenit dư và ferit đa giác, và

ferit đa giác có tỷ lệ thể tích tính theo toàn bộ cấu trúc là lớn hơn 2,0% đến nhỏ hơn 27,0%, và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 5,0 μm .

4. Tấm thép cán nguội theo điểm 2, trong đó:

trong cấu trúc luyện kim, pha thứ hai chứa austenit dư và ferit đa giác, và

ferit đa giác có tỷ lệ thể tích tính theo toàn bộ cấu trúc là lớn hơn 2,0% đến

nhỏ hơn 27,0%, và cỡ hạt trung bình là nhỏ hơn 5,0 μm .

5. Tấm thép cán nguội theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó thành phần hóa học còn bao gồm (tính theo % khối lượng), ít nhất một loại trong số các nguyên tố dưới đây:

Ti: ít nhất là 0,005% và nhỏ hơn 0,050%, Nb: ít nhất là 0,005% và nhỏ hơn 0,050%, V: ít nhất là 0,010% và nhiều nhất là 0,50%, Cr: ít nhất là 0,20% và nhiều nhất là 1,0%, Mo: ít nhất là 0,05% và nhiều nhất là 0,50%, và B: ít nhất là 0,0010% và nhiều nhất là 0,010%, Ca: ít nhất là 0,0005% và nhiều nhất là 0,010%, Mg: ít nhất là 0,0005% và nhiều nhất là 0,010%, REM (tổng lượng các nguyên tố đất hiếm): ít nhất là 0,0005% và nhiều nhất là 0,050%, và Bi: ít nhất là 0,0010% và nhiều nhất là 0,050%.

Fig.1

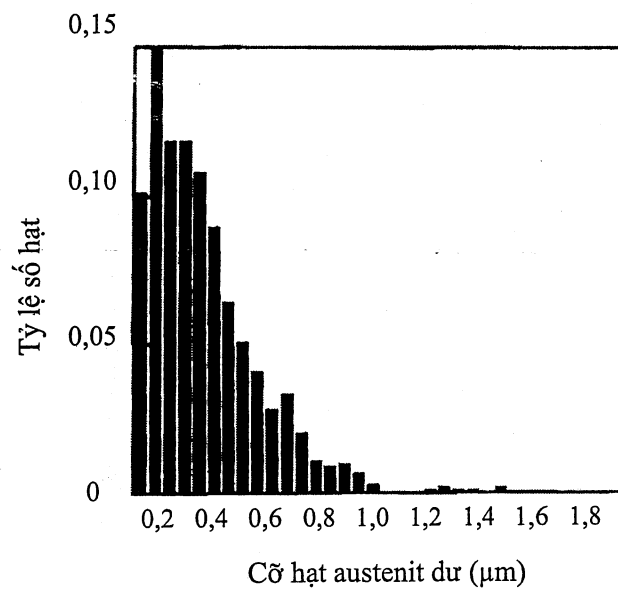


Fig.2

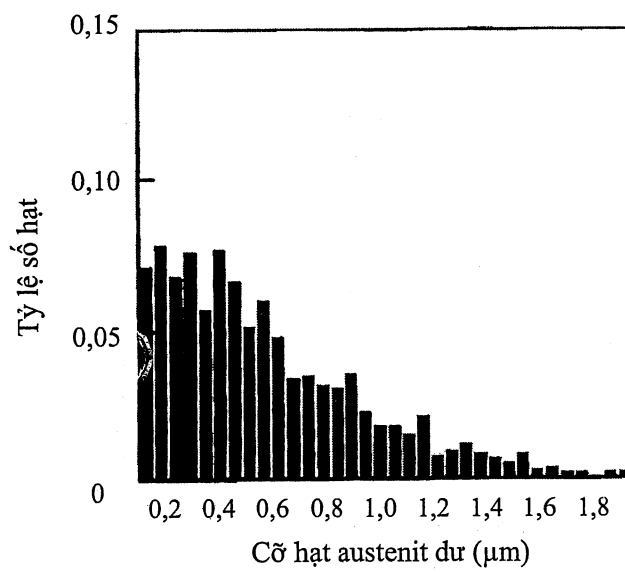


Fig.3

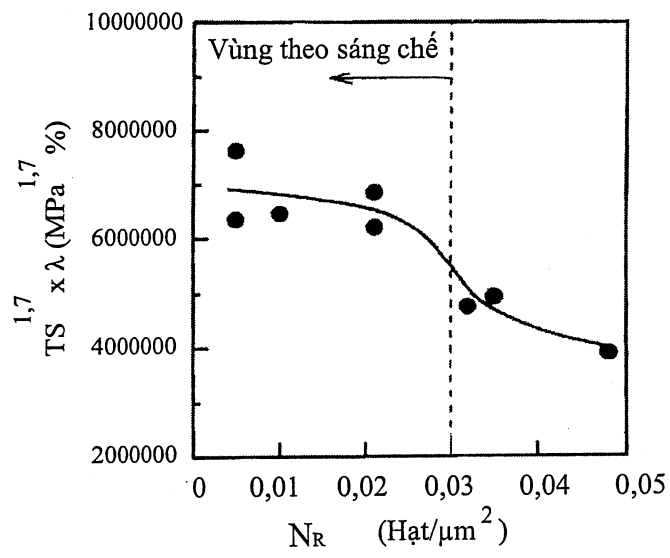


Fig.4

