



(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)



1-0028688

(51)⁷ C21D 9/46; C22C 38/00; C22C 38/02; (13) B
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/08;
C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/16;
C23C 2/40; C22C 38/20; C22C 38/22;
C22C 38/26; C22C 38/28; C22C 38/38;
C22C 38/44; C22C 38/50; C23C 2/02;
C23C 2/06; C23C 2/28; C21D 8/02;
C22C 38/18

(21) 1-2014-02785

(22) 06/02/2013

(86) PCT/JP2013/052762 06/02/2013

(87) WO 2013/121953 A1 22/08/2013

(30) 2012-028271 13/02/2012 JP

(45) 25/06/2021 399

(43) 25/12/2014 321A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) KONDO Yusuke (JP); HAYASHI Kunio (JP); OGAWA Toshio (JP); MATSUTANI Naoki (JP); GOTO Koichi (JP).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI, TẤM THÉP ĐƯỢC MẠ VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CÁC TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội chứa, tính theo % trọng lượng: C: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn; Si: 0,20% hoặc lớn hơn và 1,00% hoặc nhỏ hơn; Mn: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,30% hoặc nhỏ hơn; và Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 0,100% hoặc nhỏ hơn; còn chứa: một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti sao cho thỏa mãn yêu cầu $0,005\% < Nb + Ti < 0,030\%$, trong đó cấu trúc chỉ chứa, ferit, bainit, và các pha khác, tỷ lệ diện tích của ferit bằng 80% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 95%, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh trong ferit bằng 1% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 10%, tỷ lệ diện tích của bainit là 5% hoặc lớn hơn và 20% hoặc nhỏ hơn, tổng lượng của các pha khác nhỏ hơn 8%, đường kính đường tròn tương đương của cacbonitrua chứa một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti bằng 1 nm hoặc lớn hơn và 10 nm hoặc nhỏ hơn, và độ bền kéo bằng 590 MPa hoặc lớn hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội có độ bền cao và tấm thép được mạ, có tính dẻo và khả năng vượt mép vượt trội và thích hợp để làm tấm thép sản xuất ô tô, cụ thể là thích hợp để làm bộ phận kết cấu (ví dụ, giá lắp), và phương pháp sản xuất chúng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, để giúp các nhà sản xuất ô tô giải quyết việc thắt chặt các quy định phát thải CO₂ ở châu Âu năm 2012, các quy định về tiết kiệm nhiên liệu ở Nhật Bản năm 2015, và các quy định về sự va chạm nghiêm ngặt hơn ở châu Âu, việc làm tăng bền tấm thép cần dùng đã phát triển một cách nhanh chóng để cải thiện sự tiết kiệm nhiên liệu thông qua việc giảm trọng lượng của thân xe ô tô và cải thiện tính an toàn khi va chạm. Tấm thép có độ bền cao như vậy được gọi là “tấm thép có độ bền kéo cao”, và nhu cầu đối với các loại tấm thép mỏng hầu như có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 440 MPa đến 590 MPa, và gần đây là lớn hơn 590 MPa, có xu hướng tăng lên hàng năm. Trong số chúng, tính dẻo và khả năng vượt mép vượt trội là yêu cầu đối với bộ phận kết cấu như giá lắp xét về phương pháp gia công. Nói chung, người ta cho là khi sản phẩm có độ bền kéo và tổng độ giãn dài bằng 17000 MPa·% hoặc lớn hơn, tính dẻo vượt trội, và, đối với cấp độ bền kéo bằng 590 MPa, khi tỷ số giãn nở lỗ bằng 80% hoặc lớn hơn, khả năng vượt mép vượt trội.

Nói chung, khi độ bền kéo tăng, giới hạn chảy cũng tăng. Do đó, tính dẻo giảm, và hơn nữa, khả năng vượt định hình giảm. Trong lĩnh vực có liên quan, trong trường hợp của tấm thép hai pha (dual phase - DP) gồm hai pha

ferit và mactensit, tính dẻo vượt trội, nhưng các vết nứt nhỏ do sự tập trung ứng lực cục bộ ở xung quanh biên giới giữa ferit mà là pha mềm và mactensit mà là pha cứng dễ dàng xuất hiện và lan truyền, và do đó, người ta cho là pha kép là vi cấu trúc bất lợi cho khả năng giãn nở lỗ. Do đó, người ta cho là sự chênh lệch độ cứng giữa các vi cấu trúc này càng nhỏ, sự cải thiện khả năng giãn nở lỗ càng lớn, và do đó, tấm thép có tổ chức đồng đều như tấm thép có pha ferit duy nhất hoặc tấm thép có pha bainit duy nhất được cho là tốt hơn. Từ quan điểm nêu trên, điều quan trọng là kiểm soát tỷ lệ pha cấu thành phù hợp với độ bền kéo mong muốn để thu được cả tính dẻo và khả năng giãn nở lỗ.

Về tấm thép có độ bền cao mà thu được cả tính dẻo và khả năng vuốt mép, tấm thép trong đó sự tăng cứng bằng cách thấm được sử dụng tích cực đã được đề xuất cho đến nay (ví dụ, các tài liệu sáng chế 1 và 2).

Tuy nhiên, khi tấm thép cán nguội đề xuất trong tài liệu sáng chế 1 chủ yếu được ủ gần như trong vùng pha ferit duy nhất, sự tăng cứng tổ chức bằng bainit khó được sử dụng. Do đó, để thuận lợi cho việc tăng bền, một lượng lớn Ti và các nguyên tố kết tủa ngoài Ti phải được bổ sung để tăng cứng bằng cách thấm. Vì thế, giá thành của hợp kim cao hơn. Ngoài ra, các nguyên tố kết tủa như Ti và Nb còn có chức năng như các nguyên tố ức chế sự tái kết tinh, và do đó, khi các nguyên tố này được bổ sung với lượng lớn, sự tái kết tinh bị làm chậm một cách đáng kể trong quá trình ủ. Do đó, để có tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh bằng 25% hoặc nhỏ hơn, người ta cho là tốc độ tăng nhiệt độ cần phải rất thấp ở bước ủ hoặc thời gian duy trì tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất cần phải rất dài, và do đó, năng suất giảm. Ngoài ra, do sự tăng cứng bằng cách thấm được sử dụng tích cực ở tấm thép cán nguội được đề xuất trong tài liệu sáng chế 2 giống như ở tài liệu sáng chế 1, một lượng lớn Ti và các nguyên tố kết tủa ngoài Ti phải được bổ sung vào tấm thép cán nguội đề xuất

trong tài liệu sáng chế 2. Do đó, giá thành của hợp kim bắt buộc cao hơn và ngoài ra khi các nguyên tố này được bổ sung với lượng lớn, sự tái kết tinh bị làm chậm một cách đáng kể trong quá trình ủ. Do đó, để có tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh bằng 25% hoặc nhỏ hơn, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất ở bước ủ phải rất cao. Theo cách khác, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất chỉ cao hơn so với nhiệt độ chuyển hóa Ac_1 , tốc độ tăng nhiệt độ sẽ rất thấp. Theo cách khác, người ta cho là thời gian duy trì tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất cần phải rất dài, và do đó, năng suất giảm.

Ngoài ra, tấm thép có khả năng vuốt mép được cải thiện bằng cách sử dụng một cách tích cực ferit không tái kết tinh để giảm sự chênh lệch độ cứng giữa ferit và pha cứng đã được đề xuất (ví dụ, các Tài liệu sáng chế từ 3 đến 5).

Tuy nhiên, do cần phải bổ sung một lượng lớn các nguyên tố ức chế sự tái kết tinh như Nb và Ti để ferit không tái kết tinh, nên giá thành của hợp kim cao hơn và ngoài ra tốc độ tăng nhiệt độ cần được tăng ở bước ủ. Do đó, cần chi phí đầu tư thiết bị.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2010-285656

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2010-285657

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-106352

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-190032

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2009-114523.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Mục đích của sáng chế là nhằm tạo ra một cách ổn định tấm thép cán nguội có độ bền cao và tấm thép được mạ có tính dẻo và khả năng vuốt mép vượt trội, mà không làm giảm năng suất.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Giải pháp theo sáng chế thu được từ nghiên cứu mà đã dẫn đến giải quyết được các vấn đề liên quan đến việc cải thiện tính dẻo và khả năng vuốt mép nêu trên của tấm thép cán nguội có độ bền cao, tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng, và tấm thép tráng kẽm mà có độ bền kéo bằng 590 MPa hoặc lớn hơn. Tức là, sẽ thu được vi cấu trúc thích hợp bằng cách tối ưu hàm lượng các nguyên tố hợp kim hóa, cụ thể là, tối ưu hàm lượng của Nb, và Ti và bổ sung tích cực Si. Ngoài ra, trong quá trình ủ, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh trong dải nhiệt độ Ac_1 [°C] hoặc lớn hơn và $(Ac_1 + 40)$ [°C] hoặc nhỏ hơn và nhiệt độ cuối và tốc độ làm nguội của bước làm nguội sơ bộ sau khi ủ được xác định. Do đó, có thể thu được hiệu quả loại trừ đủ sự tái kết tinh, và do đó, trong khi sử dụng bainit, lượng ferit không tái kết tinh được kiểm soát một cách thích hợp bằng cách điều chỉnh đường kính đường tròn tương đương của các cacbonitrua chứa một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti. Sáng chế được tạo ra dựa trên các phát hiện rằng có thể tạo ra tấm thép có tính dẻo và khả năng vuốt mép vượt trội so với các tấm thép đã biết, và bản chất của nó được mô tả dưới đây.

(1) Theo khía cạnh thứ nhất, sáng chế đề xuất tấm thép cán nguội chứa, tính theo % trọng lượng: C: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn; Si:

0,20% hoặc lớn hơn và 1,00% hoặc nhỏ hơn; Mn: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,30% hoặc nhỏ hơn; P: 0,0050% hoặc lớn hơn và 0,1500% hoặc nhỏ hơn; S: 0,0020% hoặc lớn hơn và 0,0150% hoặc nhỏ hơn; Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 0,100% hoặc nhỏ hơn; N: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,0100% hoặc nhỏ hơn; và còn chứa: một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti mà thỏa mãn yêu cầu $0,005\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} < 0,030\%$; và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó cấu trúc chỉ chứa, ferit, bainit, và pha khác, pha khác bao gồm peclit, auxtenit dư, và mactensit, tỷ lệ diện tích của ferit bằng 80% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 95%, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh trong ferit bằng 1% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 10%, tỷ lệ diện tích của bainit nằm trong khoảng từ 5% đến 20%, tổng lượng của pha khác nhỏ hơn 8%, đường kính đường tròn tương đương của cacbonitrua chứa một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti là 1 nm hoặc lớn hơn và 10 nm hoặc nhỏ hơn, và độ bền kéo là 590 MPa hoặc lớn hơn.

(2) Tấm thép cán nguội theo mục (1) có thể còn có một hoặc nhiều nguyên tố trong số, tính theo % trọng lượng: Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn; W: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn; V: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn; B: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0100% hoặc nhỏ hơn; Ni: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn; Cu: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn; và Cr: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn.

(3) Theo khía cạnh thứ hai, sáng chế đề xuất tấm thép được mạ trong đó lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cán nguội theo mục (1) hoặc (2).

(4) Theo khía cạnh thứ ba, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội bao gồm các bước: gia nhiệt ủ tấm có thành phần hóa học theo mục (1) hoặc (2) đến 1150°C hoặc lớn hơn và 1280°C hoặc nhỏ hơn; hoàn thiện bằng cách cán hoàn thiện dưới nhiệt độ bằng A_{r3} °C hoặc lớn hơn và

1050°C hoặc nhỏ hơn; tẩy gỉ và sau đó cán nguội tấm thép cán nóng, mà được cuộn dưới dải nhiệt độ bằng 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn, với lượng giảm tiết diện bằng 40% hoặc lớn hơn và 70% hoặc nhỏ hơn; sau đó gia nhiệt trong dải nhiệt độ bằng A_{c1} °C hoặc lớn hơn và $(A_{c1} + 40)$ °C hoặc nhỏ hơn với tốc độ 2°C/giây hoặc lớn hơn và 5°C/giây hoặc nhỏ hơn; ủ tấm thép cán nguội dưới dải nhiệt độ bằng A_{c1} °C hoặc lớn hơn và $(A_{c1} + 40)$ °C hoặc nhỏ hơn và lưu trong thời gian 10 giây hoặc lớn hơn và 200 giây hoặc nhỏ hơn; và làm nguội sơ bộ ngay sau khi ủ trong dải nhiệt độ của tấm thép bằng 600°C hoặc lớn hơn và 720°C hoặc nhỏ hơn với tốc độ làm nguội bằng 10°C/giây hoặc nhỏ hơn kể từ lúc ủ đến lúc đạt nhiệt độ thường, trong đó A_{r3} °C và A_{c1} °C lần lượt là nhiệt độ chuyển hóa A_{r3} và nhiệt độ chuyển hóa A_{c1} , được tính từ các biểu thức 1 và 2.

$$A_{r3} = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \text{ (biểu thức 1),}$$

$$A_{c1} = 723 + 212 \times [C] - 10,7 \times [Mn] + 29,1 \times [Si] \text{ (biểu thức 2), và}$$

các nguyên tố được để trong ngoặc vuông thể hiện lượng của các nguyên tố tương ứng tính theo % trọng lượng.

(5) Theo khía cạnh thứ tư, sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép được mạ bao gồm bước mạ tấm thép cán nguội sản xuất được theo phương pháp theo mục (4) sau khi ủ và làm nguội.

(6) Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ theo mục (5) có thể còn có bước xử lý nhiệt tấm thép được mạ dưới dải nhiệt độ bằng 450°C hoặc lớn hơn và 600°C hoặc nhỏ hơn trong 10 giây hoặc dài hơn.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nguội có độ bền cao, tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng, và tấm thép tráng kẽm mà có độ bền kéo bằng 590

MPa hoặc lớn hơn, và có tính dẻo và khả năng vượt mép vượt trội. Do đó, sáng chế đã đóng góp rất đáng kể cho sự phát triển của ngành.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất, cụ thể là, điểm chuyển hóa Ac_1 hoặc cao hơn, trong quá trình ủ và tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh.

Fig.2 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh và tỷ số giãn nở λ .

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất, cụ thể là, điểm chuyển hóa Ac_1 hoặc cao hơn, trong quá trình ủ và tỷ lệ diện tích của bainit.

Fig.4 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tỷ lệ diện tích của bainit và tỷ số giãn nở λ .

Fig.5 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất, cụ thể là, điểm chuyển hóa Ac_1 hoặc cao hơn, trong quá trình ủ và đường kính đường tròn tương đương của các cacbonitrua.

Fig.6 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa đường kính đường tròn tương đương của các cacbonitrua và tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh.

Fig.7 là đồ thị thể hiện mối tương quan giữa tổng lượng của pha khác và tỷ số giãn nở λ .

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Đầu tiên, các lý do tại sao các thành phần thép được giới hạn trong sáng chế sẽ được mô tả.

C là nguyên tố góp phần làm tăng độ bền kéo và giới hạn chảy, và được

bổ sung với các lượng thích hợp tùy theo mức độ bền đích. Ngoài ra, C cũng có hiệu quả trong việc thu được bainit. Khi lượng C nhỏ hơn 0,020%, sẽ khó thu được độ bền kéo và giới hạn chảy đích, và do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 0,020%. Mặt khác, khi lượng C lớn hơn 0,080%, tính dẻo, khả năng giãn nở lỗ, và khả năng hàn giảm. Do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 0,080%. Ngoài ra, để đảm bảo một cách ổn định độ bền kéo và giới hạn chảy, giới hạn dưới của C có thể tốt hơn nếu bằng 0,030% hoặc 0,040%, và giới hạn trên của C có thể tốt hơn nếu bằng 0,070% hoặc 0,060%.

Si là nguyên tố rất quan trọng trong sáng chế. Si là có hiệu quả trong việc nâng cao khả năng vượt mép bằng cách biến cứng ferit thông qua việc làm tăng cứng dung dịch rắn để giảm sự chênh lệch về độ cứng với pha cứng. Để thu được hiệu quả này, cần phải thiết lập lượng Si bằng 0,20% hoặc lớn hơn, và do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 0,20%. Mặt khác, Si có thể làm giảm khả năng thấm ướt của lớp mạ khi tiến hành việc mạ kẽm nhúng nóng và làm giảm năng suất do sự làm chậm phản ứng hợp kim hóa. Do đó, giới hạn trên của lượng Si được thiết lập bằng 1,00%. Ngoài ra, Si là nguyên tố làm bền ferit. Giới hạn dưới của Si có thể thiết lập bằng 0,30% hoặc 0,40% và giới hạn trên của Si có thể thiết lập bằng 0,90% hoặc 0,80% để thu được lượng bainit thích hợp.

Mn có tác dụng như nguyên tố góp phần vào việc làm tăng cứng dung dịch rắn, và do đó có hiệu quả làm tăng độ bền. Ngoài ra, Mn là hữu ích để thu được bainit. Ngoài ra, Mn cần phải có mặt với lượng bằng 0,80% hoặc lớn hơn để nâng cao khả năng giãn nở lỗ. Mặt khác, khi lượng Mn lớn hơn 2,30%, có thể làm suy giảm khả năng giãn nở lỗ và khả năng hàn, và do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 2,30%. Ngoài ra, để thu được một cách ổn định bainit, giới hạn dưới của Mn có thể thiết lập bằng 1,00%, 1,20%, hoặc 1,80%, và giới hạn trên của Mn có thể thiết lập bằng 2,10%, hoặc 2,00%.

P là tạp chất, và bị tách ra ở các biên giới hạt làm giảm độ dai của tấm thép và làm giảm khả năng hàn. Hơn nữa, phản ứng hợp kim hóa sẽ rất yếu trong quá trình mạ kẽm nhúng nóng, và năng suất giảm. Từ các quan điểm này, giới hạn trên của lượng P được thiết lập bằng 0,1500%. Vì P là nguyên tố làm tăng độ bền có giá thành thấp, nên giới hạn dưới của lượng P tốt hơn nếu được thiết lập bằng 0,0050% hoặc lớn hơn. Để nâng cao hơn nữa độ dai và khả năng hàn, giới hạn dưới của P có thể thiết lập bằng 0,0060% hoặc 0,0070%, và giới hạn trên của P có thể thiết lập bằng 0,1000% hoặc 0,0850%.

S là tạp chất và khi hàm lượng của nó lớn hơn 0,0150%, gây ra sự nứt nóng hoặc làm giảm khả năng hàn. Do đó, giới hạn trên của lượng S được thiết lập bằng 0,0150%. Do sự hạn chế về chi phí sản xuất, nên giới hạn dưới của lượng S được thiết lập bằng 0,0020%. Để nâng cao khả năng hàn, giới hạn dưới của S có thể thiết lập bằng 0,0025%, và giới hạn trên của S có thể thiết lập bằng 0,0100% hoặc 0,0080%.

Al là nguyên tố làm bền ferit tương tự như Si. Al là nguyên tố chống oxy hóa và giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 0,010% hoặc lớn hơn xét về mặt khử oxy. Ngoài ra, việc bổ sung quá mức Al gây làm giảm khả năng hàn, và do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 0,100%. Giới hạn dưới của Al có thể thiết lập bằng 0,015% hoặc 0,025%, và giới hạn trên của Al có thể thiết lập bằng 0,080%, 0,060% hoặc 0,040%.

N là tạp chất. Khi lượng N lớn hơn 0,0100%, độ dai và tính dẻo giảm và sự xuất hiện vết nứt ở phôi tấm là đáng kể. Do N là hữu ích để tăng độ bền kéo và giới hạn chảy, tương tự như C, nên N có thể được bổ sung nhiều hơn so với giới hạn trên của lượng N được thiết lập bằng 0,0100%. Ngoài ra, N là hữu ích để thu được bainit. Do sự hạn chế về chi phí sản xuất, nên giới hạn dưới của lượng N được thiết lập bằng 0,0010%. Giới hạn dưới của N có thể thiết lập bằng 0,0020% hoặc 0,0030%, và giới hạn trên của N có thể là 0,0080%,

0,0060%, hoặc 0,0050%.

Hơn nữa, Nb và Ti là các nguyên tố rất quan trọng trong sáng chế. Các nguyên tố này có tác dụng làm chậm tiến trình tái kết tinh trong quá trình ủ để cho ferit không tái kết tinh được duy trì. Vì ferit không tái kết tinh góp phần vào việc làm biến cứng ferit, lượng ferit không tái kết tinh được kiểm soát một cách thích hợp để giảm sự chênh lệch độ cứng giữa ferit và pha cứng, nhờ đó thu được hiệu quả nâng cao khả năng vượt mép. Khi một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti được chứa để đáp ứng điều kiện $0,005\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} < 0,030\%$, lý do tại sao giới hạn trên của ít nhất một trong hai nguyên tố Nb và Ti nhỏ hơn 0,030% là khi một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti được bổ sung với lượng lớn hơn giới hạn trên, ferit không tái kết tinh còn lại quá nhiều, và tính dẻo giảm. Ngoài ra, lý do tại sao giới hạn dưới của một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti được thiết lập bằng 0,005% tức là khi một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti được bổ sung với lượng nhỏ hơn giới hạn dưới, hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh là nhỏ, và ferit không tái kết tinh hầu như không còn. Ngoài ra, để nâng cao khả năng vượt mép, giới hạn dưới của một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti có thể thiết lập bằng 0,010%, và giới hạn trên của một hoặc hai nguyên tố trong số Nb và Ti có thể thiết lập bằng 0,025%.

Tất cả Mo, W, và V là các nguyên tố ức chế sự tái kết tinh, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố này có thể được bổ sung nếu cần. Để thu được hiệu quả nâng cao độ bền, 0,005% Mo, 0,005% W, và 0,005% V tốt hơn nếu được bổ sung làm các giới hạn dưới tương ứng. Mặt khác, khi bổ sung quá mức khiến làm tăng chi phí hợp kim, nên các giới hạn trên của chúng tốt hơn nếu được thiết lập lần lượt bằng 1,000% Mo, 1,000% W, và 1,000% V.

Tất cả B, Ni, Cu, và Cr là các nguyên tố làm tăng khả năng tôi, và một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố này có thể được bổ sung nếu cần.

Để thu được hiệu quả nâng cao độ bền, 0,0005% B, 0,05% Ni, 0,05% Cu, và 0,05% Cr tốt hơn nếu được bổ sung làm các giới hạn dưới tương ứng. Mặt khác, khi bổ sung quá mức khiến làm tăng chi phí hợp kim, nên các giới hạn trên của chúng tốt hơn nếu được thiết lập lần lượt bằng 0,0100% B, 1,50% Ni, 1,50% Cu, và 1,50% Cr.

Tấm thép cán nguội có độ bền cao chứa thành phần hóa học như nêu trên có thể còn chứa các tạp chất không tránh khỏi được kết hợp vào trong quá trình sản xuất trong khoảng trong đó phần còn lại là sắt là thành phần chính không làm ảnh hưởng xấu đến các tính chất của sáng chế.

Tiếp theo, các lý do tại sao phương pháp sản xuất bị giới hạn sẽ được mô tả.

Phôi tấm có thành phần như nêu trên được gia nhiệt đến nhiệt độ 1150°C hoặc cao hơn. Phôi tấm này có thể là phôi tấm ngay sau khi được sản xuất bằng thiết bị đúc liên tục hoặc phôi tấm được sản xuất bằng lò điện. Lý do tại sao nhiệt độ bị giới hạn ở 1150°C hoặc cao hơn là để phân huỷ và hòa tan một cách thích hợp các nguyên tố tạo thành cacbonitrua và cacbon trong thép. Để hòa tan các cacbonitrua kết tủa, nhiệt độ tốt hơn nếu bằng 1200°C hoặc cao hơn. Tuy nhiên, khi nhiệt độ gia nhiệt cao hơn 1280°C, nhiệt độ này không thích hợp xét về mặt chi phí sản xuất, và do đó, 1280°C tốt hơn nếu được thiết lập làm giới hạn trên.

Khi nhiệt độ cuối ở bước cán nóng thấp hơn nhiệt độ chuyển hóa Ar_3 , các cacbonitrua kết tủa và cỡ hạt thô ở diện tích bề mặt, và độ bền kéo và khả năng vuốt mép giảm sau khi ủ, vì vậy nhiệt độ chuyển hóa Ar_3 được thiết lập làm giới hạn dưới. Nhiệt độ bằng 900°C hoặc cao hơn là thích hợp để kết tủa một cách ổn định các kết tủa các cacbonitrua với đường kính đường tròn tương đương bằng 10 nm hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của nhiệt độ cuối về cơ bản

bằng 1050°C so với nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm.

Do đó, $Ar_3^{\circ}C$ là nhiệt độ chuyển hóa Ar_3 thu được bằng biểu thức dưới đây 1.

$$Ar_3 = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \text{ (biểu thức 1)}$$

Trong đó, các nguyên tố được để trong ngoặc vuông thể hiện lượng của các nguyên tố tương ứng tính theo % trọng lượng.

Nhiệt độ cuộn sau khi cán hoàn thiện là điều kiện sản xuất rất quan trọng trong sáng chế. Trong sáng chế, sự suy giảm lượng kết tủa của các cacbonitrua tại giai đoạn tấm thép cán nóng với thiết lập nhiệt độ cuộn bằng 650°C hoặc thấp hơn là quan trọng, và các tính chất của sáng chế không bị giảm bởi quá trình này ở thời điểm đó. Khi nhiệt độ cuộn cao hơn 650°C, các cacbonitrua kết tủa và thô ở tấm thép cán nóng, các hiệu quả loại trừ đủ sự tái kết tinh không thể thu được trong quá trình ủ, và do đó, 650°C được thiết lập làm giới hạn trên. Hơn nữa, khi nhiệt độ cuộn thấp hơn 450°C, độ bền của tấm thép cán nóng tăng và tải trọng cán tăng trong quá trình cán nguội. Do đó, 450°C được thiết lập làm giới hạn dưới.

Việc cán nguội sau khi thực hiện tẩy gỉ thông thường dưới lượng giảm tiết diện từ 40% đến 70%. Khi lượng giảm tiết diện nhỏ hơn 40%, động lực của quá trình tái kết tinh sẽ nhỏ trong quá trình ủ, và do đó, ferit không tái kết tinh còn lại quá nhiều sau khi ủ, làm giảm tính dẻo. Do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 40%. Ngoài ra, khi sự giảm tiết diện lớn hơn 70%, động lực của quá trình tái kết tinh sẽ lớn trong quá trình ủ, và do đó, lượng ferit không tái kết tinh nhỏ còn sót lại, làm giảm độ bền kéo và khả năng vuốt mép. Do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 70%.

Việc ủ tốt hơn là được thực hiện bằng thiết bị ủ liên tục để điều chỉnh

nhiệt độ gia nhiệt và thời gian gia nhiệt. Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong quá trình ủ là điều kiện sản xuất rất quan trọng trong sáng chế. Giới hạn dưới của nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được thiết lập bằng nhiệt độ chuyển hóa Ac_1 , và giới hạn trên được thiết lập bằng (nhiệt độ chuyển hóa $Ac_1 + 40$)°C. Khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất thấp hơn nhiệt độ chuyển hóa Ac_1 , không thu được đủ lượng pha cứng và ferit không tái kết tinh, và làm giảm độ bền kéo. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất cao hơn (nhiệt độ chuyển hóa $Ac_1 + 40$)°C, lượng ferit không tái kết tinh giảm như được thể hiện ở Fig.1, và do đó, khả năng vuốt mép giảm như được thể hiện ở Fig.2. Lượng bainit tăng như được thể hiện ở Fig.3, và do đó, khả năng vuốt mép giảm như được thể hiện ở Fig.4. Do các cacbonitrua thô như được thể hiện ở Fig.5, lượng ferit không tái kết tinh giảm như được thể hiện ở Fig.6, và khả năng vuốt mép giảm như được thể hiện ở Fig.2. Do đó, (nhiệt độ chuyển hóa $Ac_1 + 40$)°C được thiết lập làm giới hạn trên.

Ở đây, Ac_1 °C là nhiệt độ chuyển hóa Ac_1 thu được bằng biểu thức dưới đây 2.

$$Ac_1 = 723 + 212 \times [C] - 10,7 \times [Mn] + 29,1 \times [Si] \text{ (biểu thức 2)}$$

Trong đó, các nguyên tố được để trong ngoặc vuông thể hiện lượng của các nguyên tố tương ứng tính theo % trọng lượng.

Tốc độ tăng nhiệt độ được thiết lập nằm trong khoảng từ 2°C/giây đến 5°C/giây trong quá trình ủ. Khi tốc độ tăng nhiệt độ nhỏ hơn 2°C/giây, không chỉ năng suất giảm, mà cả sự tái kết tinh về cơ bản diễn ra để giảm lượng ferit không tái kết tinh, và do đó, độ bền kéo và khả năng vuốt mép giảm. Do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 2°C/giây. Ngoài ra, khi tốc độ tăng nhiệt độ lớn hơn 5°C/giây, ferit không tái kết tinh còn lại quá nhiều, và tính dẻo giảm. Do đó, giới hạn trên được thiết lập bằng 5°C/giây.

Thời gian duy trì tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong quá trình ủ là điều kiện sản xuất rất quan trọng trong sáng chế. Thời gian giữ của tấm thép trong dải nhiệt độ từ nhiệt độ chuyển hóa A_{c1} đến (nhiệt độ chuyển hóa $A_{c1} + 40$)°C được thiết lập nằm trong khoảng từ 10 giây đến 200 giây. Điều này là do khi thời gian giữ của tấm thép tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất ngắn hơn 10 giây, ferit không tái kết tinh còn lại quá nhiều, và do đó, tính dẻo giảm. Mặt khác, khi thời gian giữ của tấm thép tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất tăng, năng suất giảm và cả lượng ferit không tái kết tinh giảm. Do đó, độ bền kéo và khả năng vuốt mép giảm, và do đó, giới hạn trên được thiết lập bằng 200 giây.

Ngoài ra, sau khi ủ, làm nguội sơ bộ để làm nguội tấm thép trong dải nhiệt độ tấm thép từ 600°C đến 720°C có thể được thực hiện với tốc độ làm nguội bằng 10°C/giây hoặc nhỏ hơn. Sau đó, tấm thép có thể được làm nguội và được điều chỉnh đến nhiệt độ thích hợp thông qua việc làm nguội cưỡng bức bằng cách phun chất làm nguội, như nước, thổi không khí, hoặc mù hoặc tương tự, và sự quá già hoặc tôi tiếp tục được thực hiện trong quá trình làm nguội nếu cần. Tại nhiệt độ thấp hơn 600°C, tỷ lệ bainit là không đủ và tính dẻo giảm. Tại nhiệt độ cao hơn 720°C, tỷ lệ bainit là quá nhiều, và tính dẻo giảm. Ngoài ra, khi tốc độ làm nguội lớn hơn 10°C/giây, sự kết tủa ferit là nhỏ và tỷ lệ bainit trở thành dư, và do đó, tính dẻo giảm. Giới hạn dưới của tốc độ làm nguội không được giới hạn một cách cụ thể, nhưng tốt hơn nếu được thiết lập bằng 1°C/giây hoặc lớn hơn xét về mặt năng suất và khả năng kiểm soát làm nguội.

Khi mạ kẽm nhúng nóng hoặc tráng kẽm sau khi làm nguội sau khi ủ được thực hiện, thành phần mạ kẽm không được giới hạn một cách cụ thể, và ngoài Zn, Fe, Al, Mn, Cr, Mg, Pb, Sn, Ni, và tương tự có thể được bổ sung nếu cần. Việc mạ có thể được thực hiện như là bước riêng với ủ, nhưng tốt hơn nếu được thực hiện thông qua dây chuyền ủ-mạ kẽm nhúng nóng liên tục trong đó

các bước ủ, làm nguội và mạ được tiến hành một cách liên tục xét về mặt năng suất. Khi việc xử lý hợp kim hóa dưới đây không được thực hiện, tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ thường sau khi mạ.

Khi việc xử lý hợp kim hóa được thực hiện, tốt hơn nếu việc xử lý hợp kim hóa được thực hiện trong dải nhiệt độ từ 450°C đến 600°C sau khi mạ, và sau đó, tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ thường. Điều này là do sự hợp kim hóa không đủ diễn ra tại nhiệt độ thấp hơn 450°C, và sự hợp kim hóa diễn ra quá mức tại nhiệt độ cao hơn 600°C vì vậy lớp mạ bị hóa giòn gây làm tróc lớp mạ khi gia công như ép hoặc tương tự. Khi thời gian xử lý hợp kim hóa ngắn hơn 10 giây, sự hợp kim hóa diễn ra không đủ, và do đó, 10 giây hoặc lâu hơn là được ưu tiên. Ngoài ra, giới hạn trên của thời gian xử lý hợp kim hóa không được giới hạn một cách cụ thể, tốt hơn nếu trong khoảng 100 giây xét về mặt năng suất.

Xét về mặt năng suất, tốt hơn nếu lò xử lý hợp kim hóa được tạo liên tục với dây chuyền ủ-mạ kẽm nhúng nóng liên tục để thực hiện các bước ủ, làm nguội, mạ và xử lý hợp kim hóa, và làm nguội theo cách liên tục.

Các ví dụ về lớp mạ được thể hiện ở các ví dụ bao gồm mạ kẽm nhúng nóng và tráng kẽm, và bao gồm cả mạ điện.

Cán qua bề mặt được thực hiện để hiệu chỉnh hình dạng và đảm bảo các tính chất bề mặt, và tốt hơn là được tiến hành trong khoảng tỷ lệ giãn dài từ 0,2% đến 2,0%. Lý do tại sao giới hạn dưới của tỷ lệ giãn dài của bước cán qua bề mặt được thiết lập bằng 0,2% là để sự nâng cao đủ về độ nhám bề mặt là không thu được tại tỷ lệ giãn dài nhỏ hơn 0,2%, và do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 0,2%. Mặt khác, khi cán qua bề mặt được thực hiện với tỷ lệ giãn dài lớn hơn 2,0%, tấm thép được tôi quá mức làm giảm khả năng tạo hình bằng cách ép. Do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 2,0%.

Tiếp theo, tổ chức kim tương học sẽ được mô tả.

Vi cấu trúc của tấm thép thu được theo sáng chế chủ yếu bao gồm ferit và bainit. Khi tỷ lệ diện tích của ferit nhỏ hơn 80%, bainit tăng và không thể thu được đủ tính dẻo. Do đó, giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích của ferit được thiết lập bằng 80%. Khi tỷ lệ diện tích của ferit bằng 95% hoặc lớn hơn, độ bền kéo bằng 590 MPa hoặc lớn hơn không thể được đảm bảo trong một số trường hợp, và do đó, giới hạn trên của tỷ lệ diện tích của ferit được thiết lập nhỏ hơn 95%. Hơn nữa, tỷ lệ diện tích của ferit tốt hơn là bằng 90% hoặc nhỏ hơn.

Do ferit không tái kết tinh góp phần vào việc làm biến cứng ferit, nên hiệu quả nâng cao khả năng vượt mép thu được bằng cách giảm sự chênh lệch độ cứng với bainit bằng cách điều chỉnh một cách thích hợp tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh trong khoảng từ 1% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 10%. Khi tỷ lệ của ferit không tái kết tinh trong ferit nhỏ hơn 1%, ferit không tái kết tinh không góp phần vào việc làm cứng ferit, và do đó, giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh được thiết lập bằng 1% hoặc lớn hơn. Khi tỷ lệ của ferit không tái kết tinh trong ferit bằng 10% hoặc lớn hơn, sẽ làm giảm tỷ số giãn nở lỗ hoặc tương tự, và do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập nhỏ hơn 10%.

Bainit góp phần vào việc làm tăng cứng. Tuy nhiên, khi lượng bainit cao quá, tính dẻo giảm, và do đó, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 5% và giới hạn trên được thiết lập bằng 20%.

Ngoài ra, như được thể hiện ở Fig.7, ở dạng pha khác, có peclit, auxtenit dư, và mactensit. Khi tổng hàm lượng (tỷ lệ diện tích hoặc tỷ lệ thể tích) của các thành phần này bằng 8% hoặc lớn hơn, sự chênh lệch độ cứng với ferit là lớn, và do đó, tỷ số giãn nở lỗ hoặc tương tự giảm. Do đó, giới hạn trên của

tổng lượng của peclit, auxtenit dư, và mactensit được thiết lập nhỏ hơn 8%. Khi tổ chức của sáng chế có thể thu được trong khoảng thành phần của sáng chế, có thể thu được độ bền kéo bằng 590 MPa hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của độ bền kéo không được giới hạn một cách cụ thể. Tuy nhiên, xét về giới hạn dưới của tỷ lệ diện tích của ferit của sáng chế, giới hạn trên của nó có thể thiết lập khoảng 780 MPa.

Đường kính đường tròn tương đương của các cacbonitrua chứa một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti được thiết lập bằng 10 nm hoặc nhỏ hơn. Như được thể hiện ở Fig.6, đường kính hạt trung bình của các cacbonitrua là rất quan trọng để điều chỉnh một cách thích hợp lượng ferit không tái kết tinh, và khi đường kính đường tròn tương đương lớn hơn 10 nm, không thể thu được hiệu quả loại trừ đủ sự tái kết tinh và không thể thu được lượng ferit không tái kết tinh thích hợp. Do đó, giới hạn trên của nó được thiết lập bằng 10 nm. Ngoài ra, giới hạn dưới của nó được thiết lập bằng 1 nm hoặc lớn hơn vì độ chính xác của kết quả đo.

Vi cấu trúc có thể được quan sát bằng kính hiển vi quang học bằng cách lựa chọn mẫu có bề mặt quan sát là mặt cắt ngang song song với hướng cán và hướng chiều dày, đánh bóng bề mặt quan sát, và tiến hành khắc ăn mòn bằng nital, và nếu cần, khắc ăn mòn Le Pera. Trong quá trình quan sát vi cấu trúc, đối với mẫu thu được từ vị trí bất kỳ của tấm thép, phần mà là 1/4 phần dọc theo hướng chiều dày được chụp ảnh với độ phóng đại bằng 1000 lần trong phạm vi $300 \times 300 \mu\text{m}$. Ảnh của vi cấu trúc thu được bằng kính hiển vi quang học được phân tích bằng cách nhị phân thành trắng và đen sao cho tổng tỷ lệ diện tích của một hoặc hai hoặc nhiều tổ chức bất kỳ trong số peclit, bainit, và mactensit có thể thu được như tỷ lệ diện tích của các pha khác ngoài ferit. Tỷ lệ này được đo đối với mẫu thu được từ vị trí bất kỳ của tấm thép thông qua phương pháp chụp ảnh nêu trên tại 1/4 phần dọc theo hướng chiều dày với độ

phóng đại bằng 1000 lần trong phạm vi $300 \times 300 \mu\text{m}$ và có 3 hoặc lớn hơn trường nhìn được chụp ảnh. Rất khó để phân biệt auxtenit dư với mactensit bằng kính hiển vi quang học, nhưng tỷ lệ thể tích của auxtenit dư có thể được đo bằng phương pháp nhiễu xạ tia X. Mẫu được dùng trong quan sát vi cấu trúc nêu trên được dùng để thu được tỷ lệ auxtenit dư. Ferit không tái kết tinh và ferit ngoài ferit không tái kết tinh có thể được xác định bằng cách phân tích các dữ liệu đo của sự định hướng của mẫu tán xạ ngược electron (electron back scattering pattern-EBSP) bằng phương pháp Kernel Average Misorientation (phương pháp KAM). Ở các hạt ferit không tái kết tinh, sự biến vị được hồi phục, nhưng sự thay đổi liên tục của sự định hướng, mà là do sự biến dạng dẻo trong quá trình cán nguội, là có. Mặt khác, sự thay đổi về sự định hướng ở các hạt ferit ngoài ferit không tái kết tinh sẽ rất nhỏ. Trong phương pháp KAM, có thể chỉ ra một cách định lượng sự chênh lệch định hướng với điểm đo liền kề. Trong sáng chế, khi diện tích giữa các điểm đo, các điểm đo này có độ chênh lệch định hướng trung bình 5° hoặc lớn hơn, được xác định so với biên giới hạt, hạt trong đó độ chênh lệch định hướng trung bình với điểm đo liền kề bằng 1° hoặc nhỏ hơn và cỡ hạt của nó lớn hơn $0,5\mu\text{m}$ được xác định là ferit chứ không phải ferit không tái kết tinh. Tức là, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh là tỷ lệ diện tích thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của ferit không phải ferit không tái kết tinh bởi tỷ lệ diện tích của tổng lượng ferit. Tỷ lệ diện tích thu được từ vi cấu trúc là giống như tỷ lệ thể tích này.

Cỡ hạt trung bình của các cacbonitrua chứa một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti được đo bằng cách tạo ra mẫu sao chép nguồn gốc từ phần mà là tại độ sâu bằng $1/4$ độ dày tấm tính từ bề mặt của vị trí bất kỳ của tấm thép, và quan sát các cacbonitrua như đích bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM) để thu được cỡ hạt trung bình của các cacbonitrua. Cỡ hạt trung

binh thu được bằng cách chụp ảnh với độ phóng đại bằng 10000 lần trong khoảng $10 \times 10 \mu\text{m}$, và đếm 100 hạt ngẫu nhiên của các cacbua hợp kim. Sẽ khó đếm hạt có cỡ hạt bằng 1 nm, và 100 hạt lớn được đếm, không chính xác theo thứ tự giảm, mà là thứ tự ngẫu nhiên.

Phương pháp thử mỗi tính chất cơ học sẽ được mô tả dưới đây. Mẫu thử kéo theo JIS Z 2201 số 5 được lấy từ tấm thép sau khi được sản xuất trong đó hướng chiều rộng (được gọi là hướng TD) được coi là hướng dọc, và các tính chất kéo theo hướng TD được đánh giá theo JIS Z 2241. Khả năng vuốt mép được đánh giá theo Tiêu chuẩn Liên đoàn Sắt và Thép Nhật Bản - Japan Iron và Steel Federation Standard JFS T 1001. Mỗi tấm thép thu được được cắt thành các miếng có kích thước 100mm x 100mm và sau đó được đột để có lỗ với đường kính bằng 10 mm có khe hở bằng 12% độ dày. Sau đó, ở trạng thái trong đó đệm giữ phôi được loại bỏ bằng lực 88,2 kN và trong đó khuôn có đường kính trong bằng 75 mm được sử dụng, mũi đột hình nón 60° được đẩy thông qua lỗ để đo đường kính lỗ ở giới hạn bắt đầu nứt. Tỷ số giãn nở lỗ giới hạn [%] thu được từ Biểu thức dưới đây (biểu thức 3), và khả năng vuốt mép được đánh giá dựa trên tỷ số giãn nở lỗ giới hạn này.

$$\text{Tỷ số giãn nở lỗ giới hạn } \lambda [\%] = \{(D_f - D_0)/D_0\} \times 100 \text{ (biểu thức 3)}$$

Ở đây, D_f thể hiện đường kính lỗ [mm] tại thời điểm bắt đầu nứt, và D_0 thể hiện đường kính lỗ ban đầu ban đầu [mm]. Ngoài ra, sự bám dính của lớp mạ được đánh giá theo JIS H 0401 bằng cách quan sát bằng mắt thường trạng thái bề mặt của màng mạ tại phần được uốn bởi thử nghiệm uốn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các tấm thép thu được bằng cách làm nóng chảy thép có các thành phần được thể hiện ở bảng 1, đúc để thu được các phôi tấm, và sản xuất các tấm thép dưới các điều kiện được thể hiện ở các Bảng 2-1 và 2-2. “[-]” ở bảng 1

chỉ giá trị phân tích được của thành phần nhỏ hơn giới hạn phát hiện. Ngoài ra, các giá trị tính được của Ar_3 [°C] và Ar_1 [°C] được thể hiện ở bảng 1.

Mẫu thử kéo theo JIS Z 2201 số 5 được lấy từ tấm thép sau khi được sản xuất trong đó hướng chiều rộng (được gọi là hướng TD) được coi là hướng dọc, và các tính chất kéo theo hướng TD được đánh giá theo JIS Z 2241. Ngoài ra, khả năng vượt mép được đánh giá theo Tiêu chuẩn Liên đoàn Sắt và Thép Nhật Bản - Japan Iron và Steel Federation Standard JFS T 1001. Mỗi tấm thép thu được được cắt thành các miếng có kích thước 100mm x 100mm và sau đó được đột để có lỗ với đường kính bằng 10 mm có khe hở bằng 12% độ dày. Sau đó, ở trạng thái trong đó đệm giữ phôi được loại bỏ bằng lực 88,2 kN và trong đó khuôn có đường kính trong bằng 75 mm được sử dụng, mũi đột hình nón 60° được đẩy thông qua lỗ để đo đường kính lỗ ở giới hạn bắt đầu nứt. Tỷ số giãn nở lỗ giới hạn [%] thu được từ Biểu thức dưới đây (biểu thức 3), và khả năng vượt mép được đánh giá dựa trên tỷ số giãn nở lỗ giới hạn này.

$$\text{Tỷ số giãn nở lỗ giới hạn } \lambda \text{ [\%]} = \{(D_f - D_0)/D_0\} \times 100 \dots (\text{biểu thức 3})$$

Ở đây, D_f thể hiện đường kính lỗ [mm] tại thời điểm bắt đầu nứt, và D_0 thể hiện đường kính lỗ ban đầu. Ngoài ra, sự bám dính của lớp mạ được đánh giá theo JIS H 0401 bằng cách quan sát bằng mắt thường trạng thái bề mặt của màng mạ tại phần được uốn bởi thử nghiệm uốn.

Vi cấu trúc của mặt cắt ngang độ dày tấm của tấm thép được quan sát theo cách như nêu trên, và tỷ lệ diện tích của bainit thu được là tổng tỷ lệ diện tích của pha không phải là ferit và các pha khác.

Các kết quả được thể hiện ở các bảng 3-1 và 3-2. Trong sáng chế, mẫu có tích số độ bền kéo TS [MPa] và tổng độ giãn dài El [%], tức là $TS \times El$ [MPa·%], là chỉ số độ dẻo, bằng 17000 [MPa·%] hoặc lớn hơn được coi là được chấp nhận. Mẫu có tỷ số giãn nở lỗ λ [%], mà là chỉ số độ giãn nở lỗ

bằng 75% hoặc lớn hơn, và tốt hơn là 80% hoặc lớn hơn, được coi là được chấp nhận. Trong trường hợp của tấm thép mạ kẽm nhúng nóng hoặc tấm thép tráng kẽm, sự bám dính của lớp mạ cũng được tính là đích. Sự bám dính của lớp mạ được đánh giá theo JIS H 0401 bằng cách quan sát bằng mắt thường trạng thái bề mặt của màng mạ tại phần được uốn bởi thử nghiệm uốn.

Như được thể hiện ở các bảng 3-1 và 3-2, có thể thu được tấm thép có độ bền cao, tấm thép mạ kẽm nhúng nóng, và tấm thép tráng kẽm mà có tính dẻo và khả năng vượt mép vượt trội bằng cách cán nóng, cán nguội, và ủ thép có thành phần hóa học của sáng chế dưới các điều kiện thích hợp.

Mặt khác, đối với thép số M, khi lượng C là lớn, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số N, khi lượng C là nhỏ, tỷ lệ diện tích của bainit giảm, độ bền kéo giảm, và tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm.

Đối với thép số O, khi lượng Si là nhỏ, tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với thép số P, khi lượng Si là lớn, tỷ lệ diện tích của bainit giảm, độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và sự bám dính của lớp mạ cũng giảm.

Đối với thép số Q, khi lượng Mn là nhỏ, tỷ lệ diện tích của bainit giảm, độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số R, khi lượng Mn là lớn, tỷ lệ diện tích của bainit tăng, độ bền kéo tăng, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số S, khi lượng Al là lớn, tỷ lệ diện tích của bainit giảm, độ bền kéo giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số T, khi lượng N là lớn, tỷ lệ diện tích của bainit tăng, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và khả năng giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số U, khi lượng Ti và Nb là nhỏ, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm, độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với thép số V, khi lượng Ti và Nb là lớn, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với thép số W, khi lượng Nb là nhỏ, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm, độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với thép số X, khi lượng Ti là lớn, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng, tổng độ giãn dài giảm và tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm. Ngoài ra, tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với thép số Y, khi lượng Nb là lớn, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 3, khi nhiệt độ gia nhiệt trong quá trình cán nóng thấp, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 6, khi nhiệt độ cuối trong quá trình cán nóng hơi thấp, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 9, khi nhiệt độ cuối trong quá trình cán nóng hơi thấp, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình

ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 12, khi nhiệt độ cuối trong quá trình cán nóng thấp, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 15, khi nhiệt độ cuộn cao, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và độ bền kéo và tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 18, khi tỷ lệ giảm tiết diện khi cán nguội thấp, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng và tổng độ giãn dài giảm, và do đó, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 21, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất cao trong quá trình ủ, các cacbonitrua thô, và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm. Tỷ lệ diện tích của bainit tăng, và do đó, tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 24, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong quá trình ủ thấp, tỷ lệ diện tích của bainit giảm, và do đó, độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm, và tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm. Ngoài ra, tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 25, khi nhiệt độ cuối của bước làm nguội sơ cấp sau khi ủ rất cao, tỷ lệ diện tích của ferit không đạt giá trị định trước, và tương ứng, tỷ lệ diện tích của bainit tăng. Tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 28, thời gian duy trì tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong quá trình ủ là ngắn, lượng bainit giảm và tỷ lệ diện tích của ferit

không tái kết tinh tăng. Do đó, tổng độ giãn dài giảm, tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 29, khi nhiệt độ cuối của bước làm nguội sơ cấp sau khi ủ rất thấp, tỷ lệ diện tích của ferit tăng quá mức, và tương ứng, tỷ lệ diện tích của bainit giảm quá mức. Trong khi tỷ số giãn nở lỗ là đạt, độ bền kéo không đạt giá trị định trước, và ngoài ra sự cân bằng giữa độ bền kéo và tổng độ giãn dài là kém. Tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 32, khi thời gian duy trì tại nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong quá trình ủ dài, các cacbonitrua thô và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh trong quá trình ủ là thấp, và do đó, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh giảm và tỷ lệ diện tích của bainit tăng. Do đó, tỷ số giãn nở lỗ giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 33, khi tốc độ làm nguội sơ cấp khi ủ rất cao, tỷ lệ diện tích của ferit không đạt giá trị định trước và tương ứng, tỷ lệ diện tích của bainit tăng. Do đó, tỷ số giãn nở lỗ giảm và ngoài ra sự cân bằng giữa độ bền kéo và tổng độ giãn dài là kém. Tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 34, khi nhiệt độ cuộn thấp và hiệu quả loại trừ sự tái kết tinh bởi các cacbonitrua trong quá trình ủ là lớn, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng và tổng độ giãn dài giảm. Tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Đối với lần sản xuất thứ 39, khi tốc độ tăng nhiệt độ trong quá trình ủ cao, tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh tăng và tổng độ giãn dài giảm. Tích số của độ bền kéo và tổng độ giãn dài giảm và tỷ số giãn nở lỗ cũng giảm.

Bảng 1

Số thép	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Ti	Nb	Ti+Nb	Mo	W	V	B	Ni	Cu	Cr	Ar ₃	Ac ₁	Lưu ý
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	°C	°C	
A	0,045	0,45	2,10	0,0071	0,0025	0,030	0,0033	-	0,015	0,015	-	-	-	-	-	-	-	720	723	Thép theo sáng chế
B	0,050	0,30	2,00	0,0068	0,0028	0,033	0,0034	0,020	-	0,020	-	-	-	-	-	-	-	723	721	Thép theo sáng chế
C	0,055	0,25	1,95	0,0070	0,0027	0,032	0,0033	-	0,025	0,025	-	-	-	-	-	-	-	724	721	Thép theo sáng chế
D	0,035	0,70	1,90	0,0069	0,0026	0,025	0,0039	-	0,020	0,020	-	-	-	-	0,30	-	-	736	730	Thép theo sáng chế
E	0,050	0,30	2,00	0,0067	0,0025	0,027	0,0035	0,010	0,010	0,020	0,15	-	-	-	-	-	0,15	702	721	Thép theo sáng chế
F	0,055	0,40	1,85	0,0073	0,0030	0,028	0,0040	0,025	-	0,025	-	0,20	0,20	-	-	-	-	738	727	Thép theo sáng chế
G	0,070	0,25	1,50	0,0070	0,0029	0,033	0,0035	0,015	0,010	0,025	-	-	-	0,0010	-	0,50	-	715	729	Thép theo sáng chế
H	0,060	0,35	1,95	0,0071	0,0028	0,039	0,0036	-	0,010	0,010	0,10	-	-	-	-	-	-	717	725	Thép theo sáng chế
I	0,040	0,50	2,05	0,0065	0,0024	0,035	0,0041	0,010	0,015	0,025	-	0,10	-	0,0010	0,15	-	-	721	724	Thép theo sáng chế
J	0,030	0,65	1,80	0,0073	0,0023	0,031	0,0039	-	0,010	0,010	0,15	-	0,30	-	-	0,30	-	718	729	Thép theo sáng chế
K	0,065	0,55	1,40	0,0069	0,0024	0,035	0,0033	0,020	-	0,025	0,10	0,20	-	-	0,30	-	0,30	745	738	Thép theo sáng chế
L	0,075	0,80	1,20	0,0081	0,0030	0,029	0,0034	-	0,025	0,025	-	-	-	0,0015	-	0,50	0,50	736	749	Thép theo sáng chế
M	0,150	0,30	2,00	0,0079	0,0027	0,034	0,0033	-	0,015	0,015	-	-	-	-	-	-	-	691	742	Thép so sánh
N	0,010	0,35	1,70	0,0068	0,0033	0,037	0,0031	0,010	0,010	0,020	-	-	-	-	-	-	-	765	717	Thép so sánh
O	0,050	0,05	1,80	0,0077	0,0025	0,036	0,0038	0,020	-	0,020	-	-	-	0,0015	-	-	-	733	716	Thép so sánh
P	0,040	1,50	2,10	0,0070	0,0032	0,029	0,0032	-	0,010	0,010	-	-	-	-	-	-	-	756	753	Thép so sánh
Q	0,045	0,45	0,50	0,0088	0,0025	0,030	0,0037	-	0,020	0,020	0,15	-	-	-	-	-	-	854	740	Thép so sánh
R	0,055	0,30	3,00	0,0071	0,0028	0,031	0,0033	0,015	-	0,015	-	-	-	-	-	-	-	629	711	Thép so sánh
S	0,035	0,40	2,20	0,0073	0,0031	0,120	0,0034	0,015	0,010	0,025	-	-	-	-	-	-	-	716	719	Thép so sánh
T	0,050	0,45	1,90	0,0081	0,0030	0,032	0,0140	0,010	0,015	0,025	-	-	-	-	-	-	-	737	726	Thép so sánh
U	0,050	0,35	1,95	0,0085	0,0026	0,034	0,0029	0,002	-	0,002	-	-	-	-	-	-	-	730	723	Thép so sánh
V	0,045	0,50	2,00	0,0075	0,0028	0,040	0,0040	0,010	0,025	0,035	-	-	-	-	-	-	0,15	725	726	Thép so sánh
W	0,045	0,40	1,90	0,0078	0,0032	0,033	0,0041	-	0,002	0,002	-	-	-	-	-	-	-	737	724	Thép so sánh
X	0,055	0,45	2,00	0,0080	0,0029	0,031	0,0035	0,035	-	0,035	-	-	-	-	-	-	-	727	726	Thép so sánh
Y	0,050	0,50	1,85	0,0068	0,0031	0,038	0,0036	-	0,035	0,035	-	-	-	-	-	-	-	744	728	Thép so sánh

(Chú thích 1): Các giá trị được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 2-1

Số thép	Lần sản xuất thứ	Cán nóng			Cán nguội	Ủ							Cán qua bề mặt sau khi ủ
		Nhiệt độ gia nhiệt °C	Nhiệt độ kết thúc °C	Nhiệt độ cuộn °C		Tốc độ gia tăng nhiệt độ °C/giây	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất °C	Thời gian lưu giữ giây	Nhiệt độ kết thúc làm nguội sơ cấp °C	Tốc độ làm nguội sơ cấp °C/giây	Nhiệt độ xử lý hợp kim hóa °C	Thời gian xử lý hợp kim hóa giây	Tỷ lệ giãn dài %
A	1	1220	930	580	60	3	750	100	620	3	540	25	0,4
	2	1200	910	550	60	3	755	80	680	5	—	—	0,6
	3	1060	920	540	60	2	750	120	650	4	550	30	0,4
B	4	1200	920	550	65	3	755	100	630	3	550	30	0,6
	5	1220	920	560	65	3	755	120	700	3	540	30	0,6
	6	1220	900	550	85	4	760	100	650	6	550	20	0,6
C	7	1200	940	480	60	3	760	80	640	5	550	25	0,6
	8	1200	930	520	60	3	760	100	690	4	550	30	0,4
	9	1210	900	580	65	1	755	120	620	5	540	30	0,6
D	10	1230	900	550	55	3	760	80	650	5	—	—	0,6
	11	1250	940	500	60	3	750	100	630	5	550	30	0,8
	12	1210	720	590	60	3	760	100	670	5	550	25	0,8
E	13	1180	920	570	65	4	755	100	710	3	—	—	0,6
	14	1200	930	550	60	3	750	100	660	2	520	30	0,6
	15	1220	920	700	65	3	750	120	650	3	540	30	0,8
F	16	1220	880	450	55	3	765	80	650	2	550	20	0,7
	17	1190	900	550	60	3	760	100	680	2	—	—	0,4
	18	1200	920	300	25	3	755	80	670	3	530	35	0,5
G	19	1240	920	590	60	2	745	100	640	5	550	30	0,5
	20	1220	910	580	60	3	755	100	630	4	560	30	0,8
	21	1200	900	590	65	3	820	120	610	4	550	35	0,8
H	22	1220	900	450	55	3	760	100	700	3	—	—	0,8
	23	1250	900	500	60	4	750	80	680	5	—	—	0,8
	24	1200	910	550	60	3	600	100	680	3	570	20	0,6
	25	1210	900	550	55	4	750	90	750	3	540	25	0,4

(Chú thích 1): Các giá trị được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 2-2

Số thép	Lần sản xuất số	Cán nóng			Cán nguội	Ủ							Cán qua bề mặt sau khi ủ
		Nhiệt độ gia nhiệt °C	Nhiệt độ kết thúc °C	Nhiệt độ cuộn °C		Tốc độ gia nhiệt °C/giây	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất °C	Thời gian lưu (giờ)	Nhiệt độ kết thúc ủ sơ cấp °C	Tốc độ ủ sơ cấp °C/giây	Nhiệt độ xử lý hợp kim hóa °C	Thời gian xử lý hợp kim hóa giờ	Tỷ lệ giãn dài %
I	26	1200	920	550	60	4	755	100	660	3	530	30	0,6
	27	1190	920	550	65	3	755	120	640	2	—	—	0,6
	28	1220	900	550	55	3	750	2	670	3	550	30	0,4
	29	1210	910	540	60	3	760	120	570	7	540	30	0,6
	30	1220	900	480	60	3	765	100	650	8	—	—	0,8
J	31	1230	920	590	65	2	760	100	700	5	540	25	0,8
	32	1220	900	520	50	3	755	400	710	4	530	35	0,6
	33	1200	900	530	60	3	760	80	670	15	550	30	0,6
	34	1220	900	400	55	2	770	100	630	3	—	—	0,6
	35	1210	890	550	60	2	770	80	620	2	540	30	0,6
L	36	1220	900	530	60	3	760	100	630	3	550	30	0,4
	37	1210	920	550	65	3	770	120	630	3	520	35	0,4
	38	1220	910	600	60	3	780	120	650	3	—	—	0,6
	39	1240	900	450	65	10	765	100	630	2	550	20	0,4
	40	1220	920	550	60	3	770	120	690	4	550	30	0,4
N	41	1200	900	550	55	3	750	100	700	5	540	25	0,6
	42	1200	930	600	60	3	750	80	680	5	550	30	0,8
	43	1220	900	580	65	3	770	100	670	4	540	30	0,6
	44	1230	900	450	60	3	770	100	630	4	—	—	0,4
	45	1220	920	530	55	3	750	120	640	4	550	30	0,6
S	46	1220	900	550	65	3	750	80	650	5	540	30	0,6
	47	1200	900	550	60	3	760	120	650	3	540	30	0,8
	48	1190	900	530	60	3	760	100	650	2	550	30	0,6
	49	1180	920	570	60	3	760	120	660	4	550	25	0,6
	50	1200	920	580	60	3	760	80	630	3	—	—	0,6
X	51	1220	900	530	65	3	760	120	620	5	540	30	0,8
	52	1200	900	550	60	3	760	100	680	2	530	35	0,8

(Chú thích 1): Các giá trị được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 3-1

Số thép	Lần sản xuất số	Vi cấu trúc				Carbonitrua	Các tính chất cơ học					
		Tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh %	Tỷ lệ diện tích của bainit %	Tổng lượng của các pha khác %	Đường kính vòng tròn tương đương mm		Giới hạn chảy YP MPa	Độ bền kéo TS MPa	Tổng độ giãn dài El %	TS x El MPa . %	Tỷ số λ %	Độ bám dính của lớp mạ
A	1	89	7	11	0	7	440	610	29	17690	100	Tốt
	2	87	6	13	0	8	450	630	28	17640	90	Tốt
	3	88	0	12	0	30	400	580	30	17400	70	Tốt
B	4	88	8	11	1	6	445	620	28	17360	105	Tốt
	5	87	7	13	0	7	455	635	28	17780	95	Tốt
	6	87	0	13	0	25	405	580	30	17400	70	Tốt
C	7	89	9	10	1	5	450	620	28	17360	110	Tốt
	8	88	8	11	1	6	460	635	28	17780	100	Tốt
	9	88	0	12	0	35	400	580	30	17400	70	Tốt
D	10	88	9	12	0	5	445	625	28	17500	90	-
	11	89	9	11	0	5	445	620	28	17360	95	Tốt
	12	86	0	14	0	25	405	585	30	17550	70	Tốt
E	13	88	7	12	0	7	420	615	29	17835	105	Tốt
	14	89	8	11	0	6	420	615	29	17835	105	Tốt
	15	88	0	11	1	15	410	580	30	17400	70	Tốt
F	16	87	7	13	0	7	470	630	28	17640	95	Tốt
	17	88	8	12	0	6	470	630	28	17640	95	-
	18	88	20	12	0	4	510	660	24	15840	65	Tốt
G	19	86	9	12	2	4	480	640	27	17280	85	Tốt
	20	90	8	10	0	6	440	615	29	17835	100	Tốt
	21	75	2	15	10	25	390	710	24	17040	50	Tốt
H	22	88	5	10	2	9	440	630	28	17640	95	-
	23	87	6	12	1	8	440	625	28	17500	100	-
	24	100	50	0	0	5	480	560	26	14560	55	Tốt
	25	72	5	25	3	5	380	700	25	17500	65	Tốt

(Chú thích 1): Các giá trị được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 3-2

Số thép	Lần sản xuất số	Vi cấu trúc				Carbonitrua	Các tính chất cơ học					
		Tỷ lệ diện tích của ferrit %	Tỷ lệ diện tích ferrit không tái kết tinh %	Tỷ lệ diện tích bainit %	Tổng lượng của các pha khác %		Đường kính vòng tròn tương đương mm	Giới hạn chảy YP MPa	Độ bền kéo TS MPa	Tổng độ giãn dài El %	TS x El MPa · %	Tỷ số giãn nở lỗ λ %
I	26	88	9	12	0	4	445	625	28	17500	105	Tốt
	27	87	9	12	1	5	445	625	28	17500	100	Tốt
	28	97	15	3	0	3	520	605	26	15730	70	Tốt
	29	98	5	2	0	4	340	550	30	16500	80	Tốt
	30	87	6	12	1	8	440	615	29	17835	105	—
J	31	88	7	12	0	7	440	615	29	17835	105	Tốt
	32	75	0	22	3	25	400	680	26	17680	60	Tốt
	33	73	5	24	3	5	500	720	23	16560	60	Tốt
	34	86	15	13	1	2	510	640	25	16000	70	Tốt
	35	87	8	13	0	6	445	625	28	17500	90	Tốt
K	36	87	9	13	0	5	460	630	28	17640	90	Tốt
	37	88	8	12	0	6	450	620	28	17360	100	Tốt
	38	86	7	13	1	7	450	630	28	17640	90	—
	39	89	30	11	0	2	580	655	24	15720	60	Tốt
	40	88	8	12	0	6	520	720	22	15840	50	Tốt
M	41	100	8	0	0	6	360	550	30	16500	95	Tốt
	42	90	9	10	0	4	460	620	28	17360	60	Tốt
	43	97	4	3	0	10	500	580	28	16240	120	Xấu
	44	98	9	2	0	4	500	585	28	16380	70	—
	45	60	7	30	10	7	500	720	22	15840	65	Tốt
N	46	97	8	3	0	6	500	580	28	16240	70	Tốt
	47	70	8	25	5	6	480	680	23	15640	65	Tốt
	48	87	0	12	1	8	360	585	30	17550	65	Tốt
	49	87	25	13	0	7	515	640	25	16000	60	Tốt
	50	88	0	12	0	8	360	585	30	17550	65	—
O	51	87	20	13	0	7	500	630	25	15750	60	Tốt
	52	87	25	12	1	7	515	640	25	16000	60	Tốt

(Chú thích 1): Các giá trị được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nguội có độ bền cao và tấm thép được mạ mà có độ bền kéo bằng 590 MPa hoặc lớn hơn, và có tính dẻo và khả năng vuốt mép vượt trội, và sáng chế đã đóng góp rất đáng kể cho sự phát triển của ngành.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội chỉ chứa, tính theo % khối lượng:

C: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,080% hoặc nhỏ hơn;

Si: 0,20% hoặc lớn hơn và 1,00% hoặc nhỏ hơn;

Mn: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,30% hoặc nhỏ hơn;

P: 0,0050% hoặc lớn hơn và 0,1500% hoặc nhỏ hơn;

S: 0,0020% hoặc lớn hơn và 0,0150% hoặc nhỏ hơn;

Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 0,100% hoặc nhỏ hơn;

N: 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,0100% hoặc nhỏ hơn; và còn bao gồm:

một hoặc nhiều nguyên tố trong số Nb và Ti mà thỏa mãn yêu cầu $0,005\% \leq \text{Nb} + \text{Ti} < 0,030\%$; ngoài ra tùy ý một hoặc nhiều nguyên tố trong số, tính theo % khối lượng:

Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

W: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

V: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

B: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0100% hoặc nhỏ hơn;

Ni: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn;

Cu: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn; và

Cr: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

trong đó cấu trúc chỉ chứa, ferit mà tỷ lệ diện tích bằng 80% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 95%, bainit mà tỷ lệ diện tích từ 5% đến 20%, và pha khác mà tổng lượng nhỏ hơn 8%,

pha khác là peclit, auxtenit dư, và mactensit,

tỷ lệ diện tích của ferit không tái kết tinh trong ferit bằng 1% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 10%,

đường kính đường tròn tương đương của cacbonnitrua bao gồm một hoặc cả hai nguyên tố trong số Nb và Ti là 1 nm hoặc lớn hơn và 10 nm hoặc nhỏ hơn, và

độ bền kéo là 590 MPa hoặc lớn hơn.

2. Tấm thép cán nguội theo điểm 1, trong đó tấm thép này còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số, tính theo % khối lượng:

Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

W: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

V: 0,005% hoặc lớn hơn và 1,000% hoặc nhỏ hơn;

B: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0100% hoặc nhỏ hơn;

Ni: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn;

Cu: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn; và

Cr: 0,05% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn.

3. Tấm thép được mạ, trong đó lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cán nguội theo điểm 1 hoặc 2.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội theo điểm 1 hoặc 2, trong đó phương pháp này bao gồm các bước:

gia nhiệt ủ tấm có thành phần theo điểm 1 hoặc 2 đến 1150°C hoặc lớn hơn và 1280°C hoặc nhỏ hơn;

hoàn thiện bằng cách cán hoàn thiện ở nhiệt độ Ar3°C hoặc lớn hơn và 1050°C hoặc nhỏ hơn;

tẩy gỉ và sau đó cán nguội tấm thép cán nóng, mà được cuộn ở dải nhiệt

độ từ 450°C hoặc lớn hơn và 650°C hoặc nhỏ hơn, với lượng giảm tiết diện là 40% hoặc lớn hơn và 70% hoặc nhỏ hơn; sau đó

gia nhiệt trong dải nhiệt độ từ A_{c1} °C hoặc lớn hơn và $(A_{c1} + 40)$ °C hoặc nhỏ hơn với tốc độ tăng là 2°C/giây hoặc lớn hơn và 5°C/giây hoặc nhỏ hơn;

ủ tấm thép cán nguội ở dải nhiệt độ từ A_{c1} °C hoặc lớn hơn và $(A_{c1} + 40)$ °C hoặc nhỏ hơn và trong thời gian giữ là 10 giây hoặc lớn hơn và 200 giây hoặc nhỏ hơn; và

làm nguội sơ bộ ngay sau khi ủ trong dải nhiệt độ của tấm thép là 600°C hoặc lớn hơn và 720°C hoặc nhỏ hơn với tốc độ làm nguội là 10°C/giây hoặc nhỏ hơn trong chu trình từ lúc ủ đến lúc đạt nhiệt độ thường,

trong đó A_{r3} °C và A_{c1} °C lần lượt là nhiệt độ chuyển hóa A_{r3} và nhiệt độ chuyển hóa A_{c1} , được tính theo các biểu thức 1 và 2,

$$A_{r3} = 910 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \text{ (biểu thức 1),}$$

$$A_{c1} = 723 + 212 \times [C] - 10,7 \times [Mn] + 29,1 \times [Si] \text{ (biểu thức 2), và}$$

các nguyên tố được để trong ngoặc vuông thể hiện lượng của các nguyên tố tương ứng tính theo % trọng lượng.

5. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ bao gồm các bước:

mạ tấm thép cán nguội được sản xuất bởi phương pháp theo điểm 4 sau khi ủ và làm nguội.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ theo điểm 5, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

xử lý nhiệt tấm thép được mạ ở dải nhiệt độ từ 450°C hoặc lớn hơn và 600°C hoặc nhỏ hơn trong thời gian 10 giây hoặc dài hơn.

FIG. 1

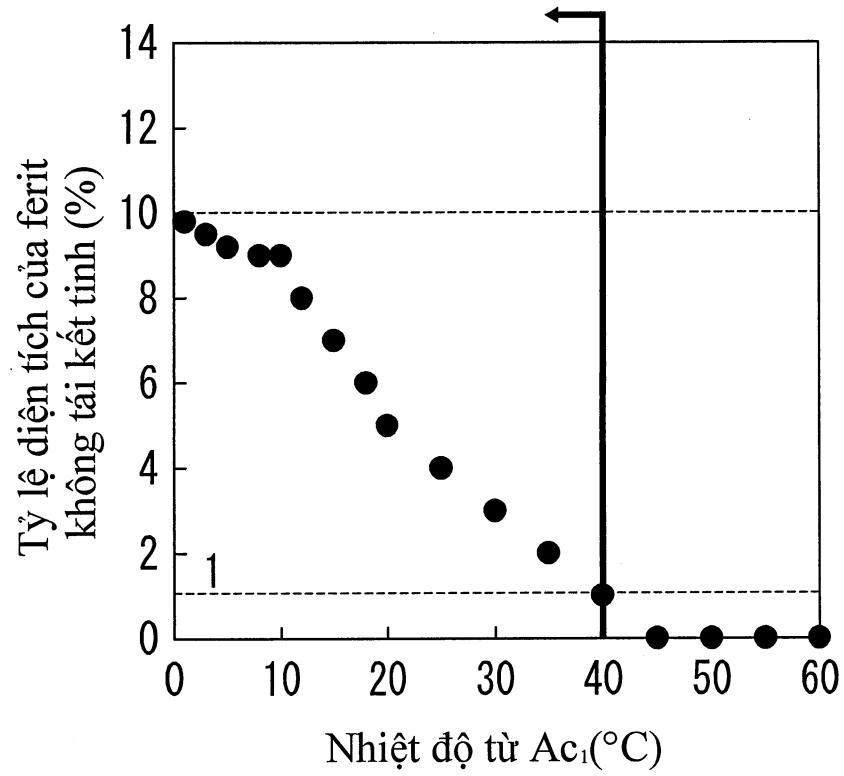


FIG. 2

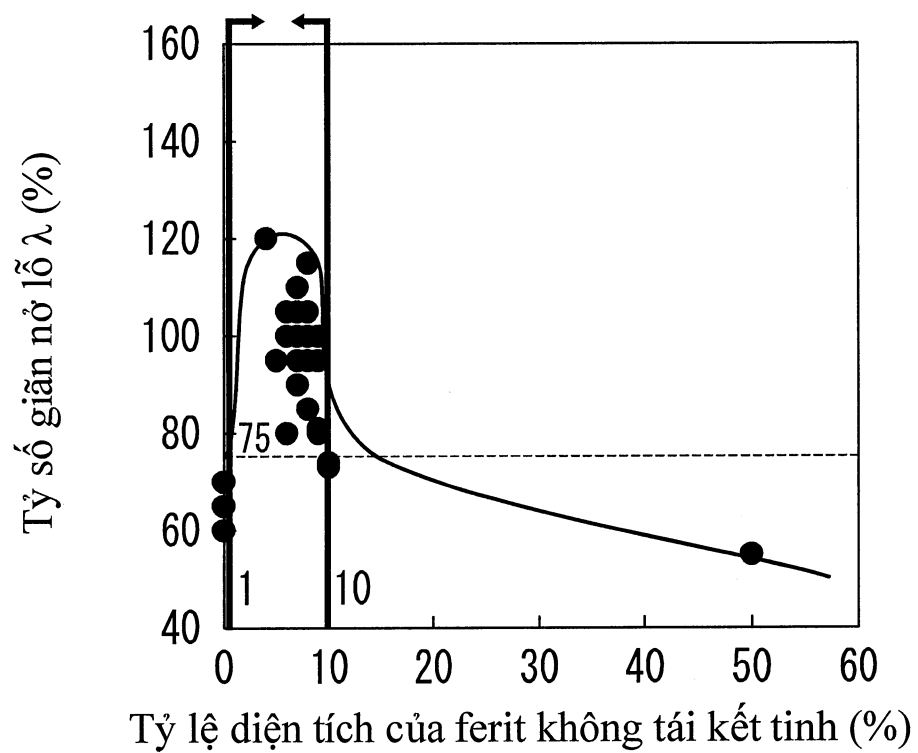


FIG. 3

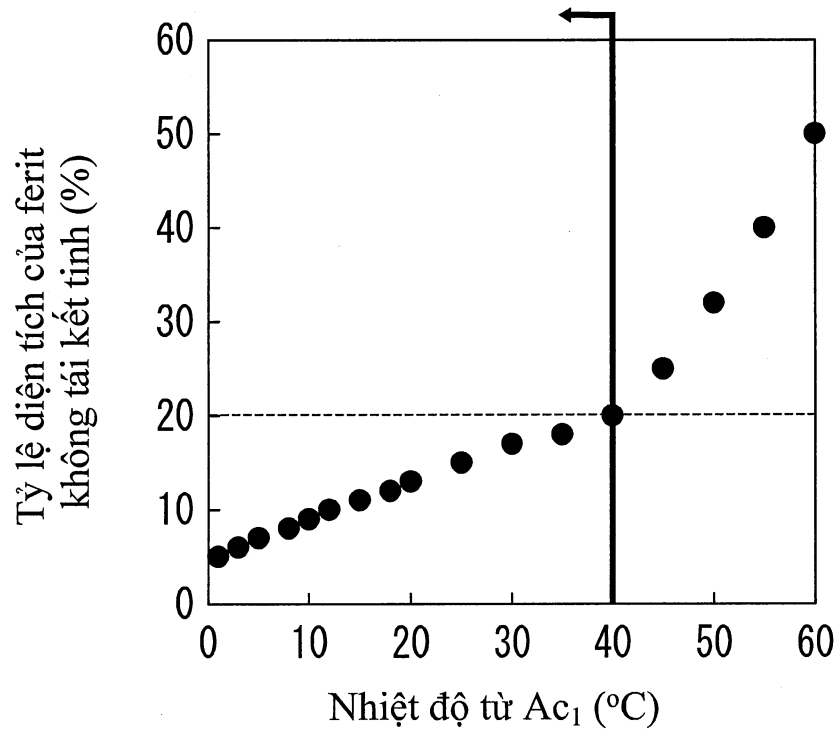


FIG. 4

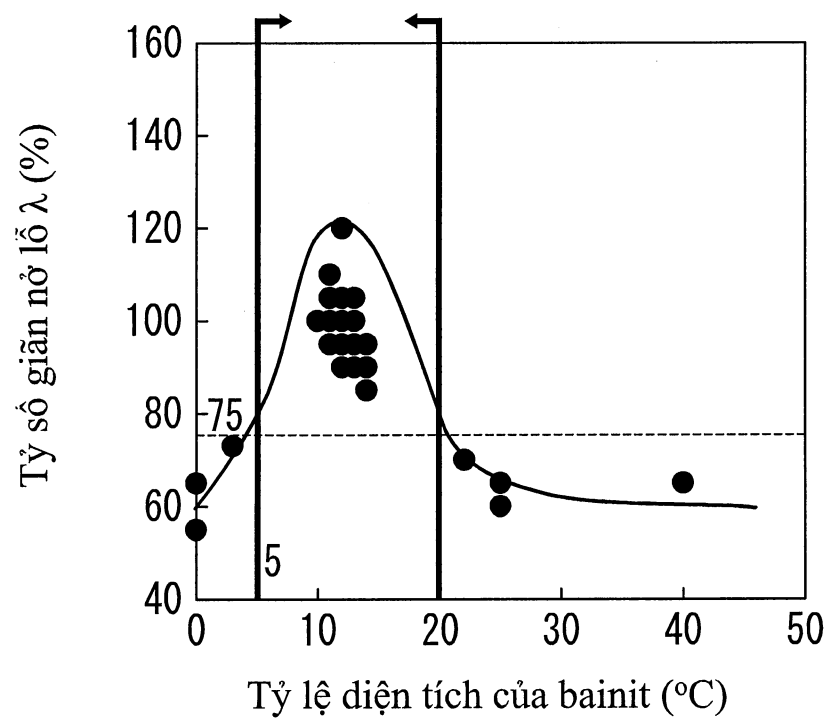


FIG. 5

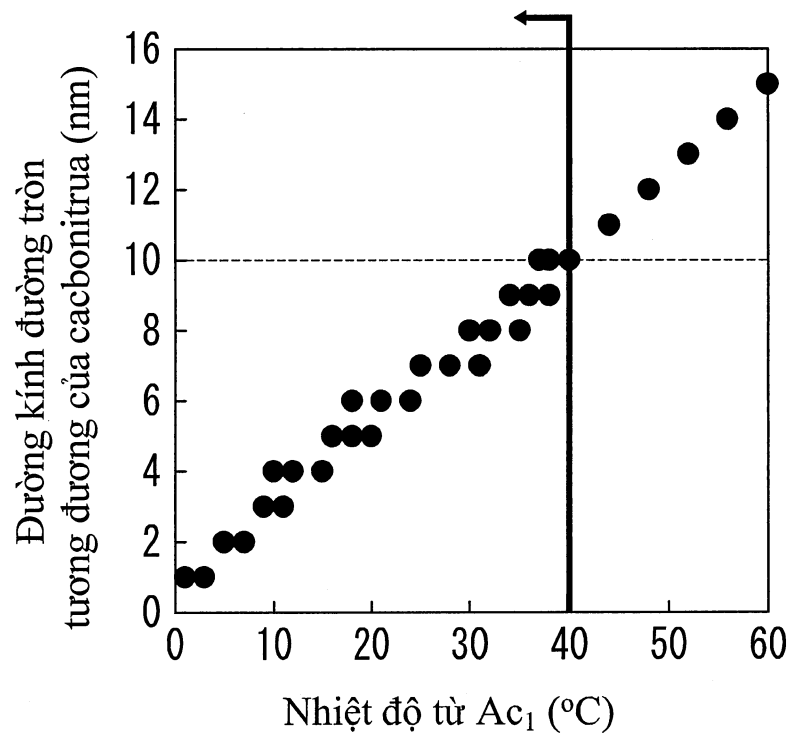


FIG. 6

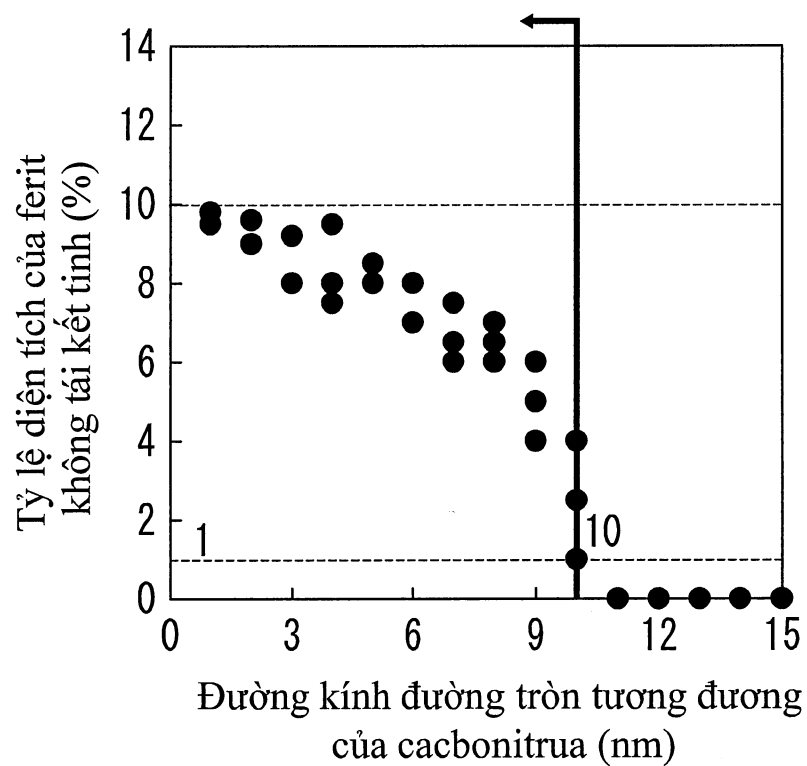


FIG. 7

