



(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)



1-0034031

(51)⁸ C22C 38/00 (2; C22C 38/58 (2; C21D 9/46 (20) (13) B

-
- (21) 1-2019-00543 (22) 04/08/2017
(86) PCT/JP2017/028478 04/08/2017 (87) WO 2018/026015 A1 08/02/2018
(30) 2016-155090 05/08/2016 JP
(45) 25/11/2022 416 (43) 27/05/2019 374A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) Kohichi SANO (JP); Makoto UNO (JP); Ryoichi NISHIYAMA (JP); Yuji
YAMAGUCHI (JP); Natsuko SUGIURA (JP); Masahiro NAKATA (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)
-

(54) TẤM THÉP VÀ TẤM THÉP ĐƯỢC MẠ

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép có thành phần hóa học cụ thể và có kết cấu bao gồm các thành phần sau, tính theo tỷ lệ diện tích, ferit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%, và bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%. Khi vùng mà được bao quanh bởi biên hạt có sự định hướng sai là 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn là 0,3 μm hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với tất cả các hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 20 đến 100% tính theo tỷ lệ diện tích. Các hạt tinh thể cứng A trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/cm³ và các hạt tinh thể mềm B trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt là 1×10^{15} vi hạt/cm³ hoặc nhỏ hơn được bao gồm, và % thể tích của các hạt tinh thể cứng A/(% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9. Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến tấm thép được mạ.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép và tấm thép được mạ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Gần đây, có nhu cầu giảm trọng lượng của các bộ phận khác nhau nhằm cải thiện hiệu suất nhiên liệu của xe ô tô. Nhằm đáp ứng nhu cầu này, việc làm mỏng đạt được bằng cách tăng độ bền của tấm thép được sử dụng cho các bộ phận khác nhau và ứng dụng kim loại nhẹ, chẳng hạn, hợp kim Al cho các bộ phận khác nhau đã được phát triển. Kim loại nhẹ, chẳng hạn, hợp kim Al có suất độ bền cao so với kim loại nặng, chẳng hạn, thép. Tuy nhiên, kim loại nhẹ đặt một cách đáng kể so với kim loại nặng. Do đó, việc ứng dụng kim loại nhẹ, chẳng hạn, hợp kim Al bị giới hạn ở các mục đích sử dụng đặc biệt. Vì vậy, việc làm mỏng đạt được bằng cách làm tăng độ bền của tấm thép được yêu cầu để ứng dụng sự giảm trọng lượng cho các bộ phận khác nhau để rẻ hơn và phạm vi ứng dụng rộng hơn.

Tấm thép được sử dụng cho các bộ phận khác nhau của xe ô tô được yêu cầu không những có độ bền mà còn cả các đặc tính vật liệu, chẳng hạn, độ dẻo, khả năng gia công kéo căng-uốn mép, khả năng gia công viền mép lõ, độ bền mỏi, độ bền va đập, và độ bền chống ăn mòn theo mục đích sử dụng của bộ phận. Tuy nhiên, khi tấm thép được tăng độ bền, các đặc tính vật liệu, chẳng hạn, khả năng tạo hình (khả năng gia công) thường bị hư hại. Do đó, trong việc phát triển tấm thép có độ bền cao, điều quan trọng là phải đạt được cả các đặc tính vật liệu và độ bền.

Cụ thể, khi tấm thép được sử dụng để chế tạo phần có hình dạng phức tạp, ví dụ, các công việc sau đây được thực hiện. Tấm thép được đưa đi cắt hoặc đục lỗ, và được đưa đi dập cắt phôi hoặc làm lõ, và sau đó được đưa đi tạo hình ép dựa trên chủ yếu là việc kéo căng-uốn mép và sự viền mép lõ hoặc làm lồi ra. Tấm thép để được đưa đi gia công như vậy đòi hỏi phải có khả năng uốn mép kéo giãn và độ dẻo tốt.

Ngoài ra, để ngăn chặn sự biến dạng gây ra khi sự va chạm của bộ phận ô tô

xảy ra, cần sử dụng tấm thép có ứng suất đàn hồi cao làm vật liệu của phần này. Tuy nhiên, khi tấm thép có ứng suất đàn hồi cao hơn, tấm thép có xu hướng có độ dẻo kém. Do đó, tấm thép để sử dụng cho các bộ phận khác nhau của xe ô tô cũng được yêu cầu có cả ứng suất đàn hồi và độ dẻo.

Tài liệu sáng chế 1 mô tả tấm thép cán nóng có độ bền cao có độ dẻo, khả năng uốn mép kéo giãn, và sự đồng đều vật liệu tuyệt vời, tấm thép này có vi kết cấu thép có tỷ lệ pha ferit là 95% hoặc cao hơn tính theo tỷ lệ diện tích và trong đó đường kính hạt trung bình của Ti cacbua kết tủa trong thép là 10nm hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp mà độ bền 480MPa hoặc lớn hơn được đảm bảo ở tấm thép được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, tấm thép này có tỷ lệ pha ferit mềm là 95% hoặc cao hơn, thép này không thể có được độ dẻo thích đáng.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép cán nóng có độ bền cao có khả năng uốn mép kéo giãn và đặc tính môi tuyệt vời, tấm thép này bao gồm các Ce oxit, các La oxit, các Ti oxit, và các chất lẫn Al_2O_3 . Ngoài ra, tài liệu sáng chế 2 mô tả tấm thép cán nóng có độ bền cao trong đó tỷ lệ diện tích của pha ferit bainit nằm trong khoảng từ 80 đến 100%. Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép cán nóng có độ bền cao có sự thay đổi độ bền giảm và có độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ tuyệt vời trong đó tổng tỷ lệ diện tích của pha ferit và pha bainit và giá trị tuyệt đối của sự khác nhau về độ cứng Vickers giữa pha ferit và pha thứ hai được xác định.

Ngoài ra, có tấm thép kết cấu hỗn hợp trong đó pha cứng, chẳng hạn, bainit hoặc mactensit và pha mềm, chẳng hạn, ferit có độ dẻo tuyệt vời thường được kết hợp. Tấm thép như vậy được gọi là tấm thép đồng bộ kép. Tấm thép đồng bộ kép có độ giãn đều tốt để đáp ứng độ bền và có sự cân bằng độ bền-độ dẻo tuyệt vời. Ví dụ, tài liệu sáng chế 4 mô tả tấm thép cán nóng có độ bền cao có khả năng uốn mép kéo giãn và đặc tính va chạm tốt, tấm thép này có kết cấu bao gồm ferit đa giác + bainit phía trên. Ngoài ra, tài liệu sáng chế 5 mô tả tấm thép có độ bền cao có kết cấu bao gồm ba pha là ferit đa giác, bainit, và mactensit, có tỷ số giới hạn chảy trên giới hạn bền thấp, và có sự cân bằng độ bền-độ giãn dài và khả năng uốn mép kéo giãn tuyệt vời.

Khi tấm thép có độ bền cao thông thường được tạo ra bằng cách ép trong quy

trình gia công nguội, vết nứt đôi khi xuất hiện từ mép của phần được đưa đi tạo hình uốn mép kéo giãn trong quy trình tạo hình. Điều này có thể hiểu được bởi vì sự tăng bền cơ học chỉ tăng lên ở phần mép do ứng lực được đưa vào trong mặt mút được đục lỗ tại thời điểm dập cắt phôi.

Là một phương pháp đánh giá thử nghiệm khả năng uốn mép kéo giãn của tấm thép, thử nghiệm mở rộng lỗ được sử dụng. Tuy nhiên, trong thử nghiệm mở rộng lỗ, mẫu thử nghiệm dẫn đến sự đứt gãy ở trạng thái mà sự phân bố ứng lực theo chiều chu vi ít tồn tại. Ngược lại với điều này, khi tấm thép được gia công thành hình dạng bộ phận thực sự, sự phân bố ứng lực tồn tại. Sự phân bố ứng lực ảnh hưởng tới giới hạn đứt gãy của bộ phận này. Do đó, được dự đoán rằng ngay cả ở tấm thép có độ bền cao biểu hiện khả năng uốn mép kéo giãn thích đáng ở thử nghiệm mở rộng lỗ, việc thực hiện ép lạnh đôi khi gây ra vết nứt.

Các tài liệu sáng chế từ 1 đến 5 bộc lộ công nghệ cải thiện các đặc tính vật liệu bằng cách xác định các kết cấu. Tuy nhiên, không rõ liệu khả năng uốn mép kéo giãn thích đáng có thể được đảm bảo ngay cả trong trường hợp mà sự phân bố ứng lực được xem xét ở các tấm thép được mô tả trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 5.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố quốc tế số WO2013/161090

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2005-256115

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2011-140671

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 58-42726

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 57-70257

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép và tấm thép được mạ có độ bền cao, có độ dẻo và khả năng uốn mép kéo giãn tốt, và có ứng suất đàn hồi cao.

Giải pháp cho vấn đề

Theo các phát hiện thông thường, việc cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn (khả năng mở rộng lỗ) ở tấm thép có độ bền cao đã được thực hiện bằng cách kiểm soát chất lẫn, đồng nhất hóa kết cấu, thống nhất kết cấu, và/hoặc làm giảm sự chênh lệch độ cứng giữa các kết cấu, như được mô tả trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3. Nói theo cách khác, thông thường, sự cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn đã đạt được bằng cách kiểm soát kết cấu được quan sát bằng kính hiển vi quang học.

Tuy nhiên, khó cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn với sự có mặt của sự phân bố ứng lực ngay cả khi chỉ có kết cấu được quan sát bằng kính hiển vi quang học được kiểm soát. Do đó, các tác giả sáng chế đã thực hiện một nghiên cứu chuyên sâu bằng cách tập trung vào sự định hướng sai nội hạt của từng hạt tinh thể. Kết quả là, họ đã phát hiện ra rằng có thể cải thiện rất nhiều khả năng uốn mép kéo giãn bằng cách kiểm soát tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai trong hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với toàn bộ các hạt tinh thể ở mức nằm trong khoảng từ 20 đến 100%.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng kết cấu của tấm thép bao gồm hai loại hạt tinh thể khác nhau về trạng thái kết tủa (sự tập trung vi hạt và kích thước) của các chất kết tủa thành hạt tinh thể, nhờ đó có thể sản xuất tấm thép có sự cân bằng độ bền-độ dẻo tuyệt vời. Hiệu quả này được cho là do thực tế là kết cấu của tấm thép bao gồm các hạt tinh thể có độ cứng tương đối nhỏ và các hạt tinh thể có độ cứng lớn, từ đó thu được chức năng đồng bộ kép trên thực tế mà không có sự tồn tại của mactensit.

Sáng chế đã được hoàn thành do các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu lặp đi lặp lại nhiều lần dựa trên các phát hiện mới liên quan đến tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai trong hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với toàn bộ các hạt tinh thể nêu ở trên và các phát hiện mới này được thu được bởi kết cấu của tấm thép bao gồm hai loại hạt tinh thể khác nhau về sự tập

trung vi hạt và kích thước của các chất kết tủa thành hạt tinh thể.

Bản chất của sáng chế như sau:

(1) Tấm thép bao gồm:

thành phần hóa học là % khối lượng,

C: nằm trong khoảng từ 0,008 đến 0,150%,

Si: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,70%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,60 đến 2,50%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,60%,

Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%,

Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%,

Ti + Nb: nằm trong khoảng từ 0,015 đến 0,200%,

Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%,

B: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Mo: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%,

Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

REM: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Ca: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Zr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

P: 0,05% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,0200% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0060% hoặc nhỏ hơn, và

còn lại: Fe và các tạp chất; và

kết cấu như sau, tính theo tỷ lệ diện tích,

ferit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%, và

bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%, trong đó

khi vùng mà được bao bọc bởi biên hạt có sự định hướng sai 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với tất cả các hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 20 đến 100% tính theo tỷ lệ diện tích, và

các hạt tinh thể cứng A trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể này với sự tập trung vi hạt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/ cm^3 và các hạt tinh thể mềm B trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt là 1×10^{15} vi hạt/ cm^3 hoặc nhỏ hơn được bao gồm, và % thể tích của các hạt tinh thể cứng A/(% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9.

(2) Tấm thép theo điểm (1), trong đó:

độ bền kéo là 480MPa hoặc lớn hơn,

tích của độ bền kéo và chiều cao biểu mẫu giới hạn trong thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa là $19500\text{mm} \cdot \text{MPa}$ hoặc lớn hơn, và

tích của ứng suất đàn hồi và độ dẻo là $10000\text{MPa} \cdot \%$ hoặc lớn hơn.

(3) Tấm thép theo điểm (1) hoặc (2), trong đó:

thành phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm:

Cr: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0%, và

B: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,10%.

(4) Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ (1) đến (3), trong đó:

thành phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm:

Mo: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,0%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 2,0%, và

Ni: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 2,0%.

(5) Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ (1) đến (4), trong đó:

thành phần hóa học bao gồm, tính theo % khối lượng, một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm:

Ca: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%,

Zr: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%, và

REM: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%.

(6) Tấm thép được mạ, trong đó:

lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ (1) đến (5).

(7) Tấm thép được mạ theo điểm (6), trong đó:

lớp mạ là lớp mạ kẽm nhúng nóng.

(8) Tấm thép được mạ theo điểm (6), trong đó:

lớp mạ là lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép có độ bền cao, có độ dẻo và khả năng uốn mép kéo giãn tốt, và có ứng suất đàn hồi cao. Tấm thép theo sáng chế là có thể ứng dụng được cho bộ phận được yêu cầu có độ dẻo và khả năng uốn mép kéo giãn tuyệt đối đồng thời có độ bền cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1A là hình chiếu phối cảnh minh họa sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa được dùng cho phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa.

Fig.1B là hình chiếu bằng minh họa sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa được dùng cho phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các phương án theo sáng chế sẽ được giải thích.

Thành phần hóa học

Đầu tiên, thành phần hóa học của tấm thép theo phương án theo sáng chế sẽ được giải thích. Trong phần giải thích sau đây, “%” mà là đơn vị lượng của mỗi nguyên tố được chứa trong tấm thép có nghĩa là “% khối lượng” trừ khi được tuyên bố khác đi. Tấm thép theo phương án này có thành phần hóa học bao gồm C: nằm trong khoảng từ 0,008 đến 0,150%, Si: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,70%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,60 đến 2,50%, Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,60%, Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%, Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%, Ti + Nb: nằm trong khoảng từ 0,015 đến 0,200%, Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, B: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%, Mo: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%, Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%, Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%, Mg: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, kim loại đất hiếm (REM): nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Ca: nằm trong

khoảng từ 0 đến 0,05%, Zr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, P: 0,05% hoặc nhỏ hơn, S: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0060% hoặc nhỏ hơn, và còn lại: Fe và các tạp chất. Các ví dụ về các tạp chất gồm có tạp chất được bao gồm trong các nguyên liệu thô, chẳng hạn, quặng và phế liệu kim loại, và tạp chất được bao gồm trong quá trình sản xuất.

C: nằm trong khoảng từ 0,008 đến 0,150%

C liên kết với Nb, Ti, v.v. để tạo ra các chất kết tủa trong tấm thép và góp phần cải thiện độ bền của thép bằng cách làm bền kết tủa. Khi lượng C nhỏ hơn 0,008%, không thể thu được hiệu quả này một cách thích đáng. Do đó, lượng C được đặt là 0,008% hoặc lớn hơn. Lượng C tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,018% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng C lớn hơn 0,150%, sự phân tán định hướng trong bainit có khả năng tăng lên và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° trở nên thấp. Ngoài ra, khi lượng C lớn hơn 0,150%, xementit có hại cho khả năng uốn mép kéo giãn tăng lên và khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại. Do đó, lượng C được đặt là 0,150% hoặc nhỏ hơn. Lượng C tốt hơn là 0,100% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,090% hoặc nhỏ hơn.

Si: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,70%

Si thực hiện chức năng là chất khử oxi cho thép nóng chảy. Khi lượng Si nhỏ hơn 0,01%, không thể thu được hiệu quả này một cách thích đáng. Do đó, lượng Si được đặt là 0,01% hoặc lớn hơn. Lượng Si tốt hơn là 0,02% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,03% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Si lớn hơn 1,70%, khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại hoặc các khuyết tật bề mặt xuất hiện. Ngoài ra, khi lượng Si lớn hơn 1,70%, điểm biến đổi tăng lên quá nhiều, do đó đòi hỏi phải tăng nhiệt độ cán. Trong trường hợp này, sự kết tinh lại trong khi cán nóng được thúc đẩy một cách đáng kể và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp. Hơn nữa, khi lượng Si lớn hơn 1,70%, các khuyết tật bề mặt có khả năng xuất hiện khi lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Do đó, lượng Si được đặt là 1,70% hoặc nhỏ hơn. Lượng Si tốt hơn là 1,60% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,50% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là đến 1,40% hoặc nhỏ hơn.

Mn: nằm trong khoảng từ 0,60 đến 2,50%

Mn góp phần cải thiện độ bền của thép bằng cách làm bền dung dịch rắn hoặc cải thiện độ thấm tôi của thép. Khi lượng Mn nhỏ hơn 0,60%, không thể thu được hiệu quả này một cách thích đáng. Do đó, lượng Mn được đặt là 0,60% hoặc lớn hơn. Lượng Mn tốt hơn là 0,70% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,80% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Mn lớn hơn 2,50%, độ thấm tôi trở nên quá mức và mức độ phân tán định hướng trong bainit tăng lên. Kết quả là, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp và khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại. Do đó, lượng Mn được đặt là 2,50% hoặc nhỏ hơn. Lượng Mn tốt hơn là 2,30% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 2,10% hoặc nhỏ hơn.

Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,60%

Al có hiệu quả làm chất khử oxi cho thép nóng chảy. Khi lượng Al nhỏ hơn 0,010%, không thể thu được hiệu quả này một cách thích đáng. Do đó, lượng Al được đặt là 0,010% hoặc lớn hơn. Lượng Al tốt hơn là 0,020% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,030% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Al lớn hơn 0,60%, tính chịu hàn, độ dai, v.v. bị hư hại. Do đó, lượng Al được đặt là 0,60% hoặc nhỏ hơn. Lượng Al tốt hơn là 0,50% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,40% hoặc nhỏ hơn.

Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%, Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%,
Ti + Nb: nằm trong khoảng từ 0,015 đến 0,200%

Ti và Nb kết tủa một cách tinh vi trong thép ở dạng cacbua (TiC, NbC) và cải thiện độ bền của thép bằng cách làm bền kết tủa. Ngoài ra, Ti và Nb tạo ra các cacbua để từ đó cố định C, dẫn đến sự tạo thành xementit có hại cho khả năng uốn mép kéo giãn được ngăn chặn. Hơn nữa, Ti và Nb có thể cải thiện một cách đáng kể tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° và cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn trong khi cải thiện độ bền của thép. Khi tổng lượng của Ti và Nb nhỏ hơn 0,015%, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp và khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại. Do đó, tổng lượng của Ti và Nb được đặt là 0,015% hoặc lớn hơn. Tổng lượng của Ti và Nb tốt hơn là 0,018% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, lượng Ti tốt hơn là

0,015% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,020% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là đến 0,025% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, lượng Nb tốt hơn là 0,015% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,020% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,025% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tổng lượng của Ti và Nb lớn hơn 0,200%, độ dẻo và khả năng gia công bị hư hại và tần suất xuất hiện vết nứt trong khi cán tăng lên. Do đó, tổng lượng của Ti và Nb được đặt là 0,200% hoặc nhỏ hơn. Tổng lượng của Ti và Nb tốt hơn là 0,150% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, khi lượng Ti lớn hơn 0,200%, độ dẻo bị hư hại. Do đó, lượng Ti được đặt là 0,200% hoặc nhỏ hơn. Lượng Ti tốt hơn là 0,180% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,160% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, khi lượng Nb lớn hơn 0,200%, độ dẻo bị hư hại. Do đó, lượng Nb được đặt là 0,200% hoặc nhỏ hơn. Lượng Nb tốt hơn là 0,180% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,160% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,05% hoặc nhỏ hơn

P là một tạp chất. P làm hư hại độ dai, độ dẻo, tính chịu hàn, v.v., và do đó lượng P thấp được ưu tiên. Khi lượng P lớn hơn 0,05%, sự làm hư hại khả năng uốn mép kéo giãn là đáng chú ý. Do đó, lượng P được đặt là 0,05% hoặc nhỏ hơn. Lượng P tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của lượng P không được xác định một cách cụ thể, nhưng việc làm giảm quá mức không được mong muốn từ quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, lượng P có thể được đặt là 0,005% hoặc lớn hơn.

S: 0,0200% hoặc nhỏ hơn

S là một tạp chất. S gây ra vết nứt tại thời điểm cán nóng, và còn tạo ra các chất lẫn trên cơ sở A làm hư hại khả năng uốn mép kéo giãn. Do đó, lượng S thấp được ưu tiên. Khi lượng S lớn hơn 0,0200%, sự làm hư hại khả năng uốn mép kéo giãn là đáng chú ý. Do đó, lượng S được đặt là 0,0200% hoặc nhỏ hơn. Lượng S tốt hơn là 0,0150% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 0,0060% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của lượng S không được xác định một cách cụ thể, nhưng việc làm giảm quá mức không được mong muốn từ quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, lượng S có thể được đặt là 0,0010% hoặc lớn hơn.

N: 0,0060% hoặc nhỏ hơn

N là một tạp chất. N tạo ra các chất kết tủa với Ti và Nb được ưu tiên hơn C và làm giảm hiệu quả của Ti và Nb đối với việc cố định C. Do đó, lượng N thấp được ưu tiên. Khi lượng N lớn hơn 0,0060%, sự làm hư hại khả năng uốn mép kéo giãn là đáng chú ý. Do đó, lượng N được đặt là 0,0060% hoặc nhỏ hơn. Lượng N tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của lượng N không được xác định một cách cụ thể, nhưng việc làm giảm quá mức không được mong muốn từ quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, lượng N có thể được đặt là 0,0010% hoặc lớn hơn.

Cr, B, Mo, Cu, Ni, Mg, REM, Ca, và Zr không phải là các nguyên tố thiết yếu, mà là các nguyên tố tùy tiện có thể được bao gồm theo nhu cầu trong tấm thép với các lượng xác định trước.

Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%

Cr góp phần to cải thiện độ bền của thép. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có Cr được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng Cr tốt hơn là 0,05% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Cr lớn hơn 1,0%, hiệu quả nêu ở trên bị bão hòa và hiệu quả kinh tế giảm đi. Do đó, lượng Cr được đặt là 1,0% hoặc nhỏ hơn.

B: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%

B làm tăng độ thấm tôi và làm tăng một phần kết cấu của pha tạo ra sự chuyển hóa ở nhiệt độ thấp là pha cứng. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có B được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng B tốt hơn là 0,0005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng B lớn hơn 0,10%, hiệu quả nêu ở trên bị bão hòa và hiệu quả kinh tế giảm đi. Do đó, lượng B được đặt là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Mo: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%

Mo cải thiện độ thấm tôi, và đồng thời, có hiệu quả làm tăng độ bền bằng cách tạo ra cacbua. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có Mo được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng Mo tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Mo lớn hơn 1,0%, độ dẻo và tính chịu hàn đôi khi

bị giảm đi. Do đó, lượng Mo được đặt là 1,0% hoặc nhỏ hơn.

Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%

Cu làm tăng độ bền của tấm thép, và đồng thời, cải thiện độ bền chống ăn mòn và khả năng loại bỏ các gỉ sắt. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có Cu được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng Cu tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,04% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Cu lớn hơn 2,0%, các khuyết tật bề mặt đôi khi xuất hiện. Do đó, lượng Cu được đặt là 2,0% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn là 1,0% hoặc nhỏ hơn.

Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%

Ni làm tăng độ bền của tấm thép, và đồng thời, cải thiện độ dai. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có Ni được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng Ni tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng Ni lớn hơn 2,0%, độ dẻo giảm đi. Do đó, lượng Ni được đặt là 2,0% hoặc nhỏ hơn.

Mg: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, REM: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Ca: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%, Zr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%

Ca, Mg, Zr, và REM đều cải thiện độ dai bằng cách kiểm soát hình dạng của các sulfua và các oxit. Các mục đích mong muốn được đạt được mà không có Ca, Mg, Zr, và REM được bao gồm, nhưng để đạt được hiệu quả này một cách thích đáng, lượng của một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm Ca, Mg, Zr, và REM tốt hơn là 0,0001% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi lượng của Ca, Mg, Zr, hoặc REM lớn hơn 0,05%, khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại. Do đó, lượng của mỗi trong số Ca, Mg, Zr, và REM được đặt là 0,05% hoặc nhỏ hơn.

Vi kết cấu kim loại

Tiếp theo, kết cấu (vi kết cấu kim loại) của tấm thép theo phương án theo sáng chế sẽ được giải thích. Trong phần giải thích sau đây, “%” mà là đơn vị tỷ lệ (tỷ lệ diện

tích) của mỗi kết cấu có nghĩa là "% diện tích" trừ khi được tuyên bố khác đi. Tấm thép theo phương án này có kết cấu gồm ferit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95% và bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%.

Ferit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%

Khi tỷ lệ diện tích của ferit nhỏ hơn 5%, độ dẻo bị hư hại khiến cho khó đảm bảo các đặc tính được yêu cầu đối với các bộ phận của xe ô tô, v.v.. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit được đặt là 5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tỷ lệ diện tích của ferit lớn hơn 95%, khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại hoặc khó thu được độ bền thích đáng. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit được đặt là 95% hoặc nhỏ hơn.

Bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%

Khi tỷ lệ diện tích của bainit nhỏ hơn 5%, khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại. Do đó, tỷ lệ diện tích của bainit được đặt là 5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tỷ lệ diện tích của bainit lớn hơn 95%, độ dẻo bị hư hại. Do đó, tỷ lệ diện tích của bainit được đặt là 95% hoặc nhỏ hơn.

Kết cấu của tấm thép có thể bao gồm, ví dụ, mactensit, austenit còn lại, peclit, v.v.. Khi tỷ lệ diện tích của các kết cấu khác với ferit và bainit lớn hơn 10% tính theo tổng, sự làm hư hại khả năng uốn mép kéo giãn được quan tâm. Do đó, tỷ lệ diện tích của các kết cấu khác với ferit và bainit tốt hơn là 10% hoặc nhỏ hơn tính theo tổng. Nói theo cách khác, tỷ lệ diện tích của ferit và bainit tốt hơn là 90% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 100% tính theo tổng.

Tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của mỗi kết cấu có thể được thu được bằng phương pháp sau đây. Đầu tiên, mẫu được lấy từ tấm thép được làm ăn mòn bằng dung dịch nital. Sau khi ăn mòn, ảnh kết cấu thu được ở vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm trong trường nhìn $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được đưa đi phân tích ảnh bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích ảnh này, tỷ lệ diện tích của ferit, tỷ lệ diện tích của peclit, và tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit được thu được. Sau đó, mẫu đã được làm ăn mòn bằng LePera được sử dụng, và ảnh kết cấu thu được ở vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm trong trường nhìn $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được đưa đi phân tích ảnh bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học.

dụng kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích ảnh này, tổng tỷ lệ diện tích của austenit còn lại và mactensit được thu được. Ngoài ra, mẫu thu được bằng cách mài bề mặt đến độ sâu 1/4 chiều dày tâm từ hướng pháp tuyến với bề mặt được cán được sử dụng, và phần thể tích của austenit còn lại được thu được thông qua phép đo nhiễu xạ tia X. Phần thể tích của austenit còn lại là tương đương với tỷ lệ diện tích, và do đó được đặt là tỷ lệ diện tích của austenit còn lại. Sau đó, tỷ lệ diện tích của mactensit được thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của austenit còn lại khỏi tổng tỷ lệ diện tích của austenit còn lại và mactensit, và tỷ lệ diện tích của bainit được thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của mactensit khỏi tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit. Theo cách này, có thể thu được tỷ lệ diện tích của mỗi trong số ferit, bainit, mactensit, austenit còn lại, và peclit.

Ở tấm thép theo phương án này, trong trường hợp mà vùng được bao quanh bởi biên hạt có sự định hướng sai là 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với tất cả các hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 20 đến 100% tính theo tỷ lệ diện tích. Sự định hướng sai nội hạt được thu được bằng cách sử dụng phương pháp nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (electron back scattering diffraction – EBSD) mà thường được sử dụng cho phân tích định hướng tinh thể. Sự định hướng sai nội hạt là giá trị trong trường hợp mà biên có sự định hướng sai là 15° hoặc lớn hơn được đặt là biên hạt trong kết cấu và vùng được bao quanh bởi biên hạt này được xác định là hạt tinh thể.

Các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° là hữu hiệu để thu được tấm thép có sự cân bằng giữa độ bền và khả năng gia công tuyệt vời. Tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° được tăng lên, nhờ đó khiến cho có thể cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn trong khi duy trì độ bền mong muốn của tấm thép. Khi tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° so với toàn bộ các hạt tinh thể là 20% hoặc lớn hơn tính theo tỷ lệ diện tích, độ bền mong muốn và khả năng uốn mép kéo giãn của tấm thép có thể thu được. Không vấn đề gì khi tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ

5 đến 14° là cao, và do đó giới hạn trên của nó là 100%.

Ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng của quy trình cán hoàn thiện được kiểm soát như được mô tả sau đây, và nhờ đó sự định hướng sai tinh thể xuất hiện ở các hạt ferit và bainit. Lý do của việc này được cho là như sau. Bằng cách kiểm soát ứng lực tích lũy, sự biến vị trong austenit tăng lên, các vách biên vị được tạo ra trong hạt austenit với mật độ cao, và một vài khối ngăn được hình thành. Các khối ngăn này có các định hướng tinh thể khác nhau. Có thể hiểu được rằng austenit có mật độ biến vị cao và bao gồm các khối ngăn có các định hướng tinh thể khác nhau được biến đổi, và do đó, ferit và bainit cũng bao gồm sự định hướng sai tinh thể ngay cả trong cùng hạt và mật độ biến vị cũng tăng lên. Do đó, sự định hướng sai tinh thể nội hạt được hiểu là để tương quan với mật độ biến vị được bao gồm trong hạt tinh thể. Thông thường, sự tăng mật độ biến vị trong hạt đem lại sự cải thiện độ bền, nhưng làm giảm khả năng gia công. Tuy nhiên, các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt được kiểm soát nằm trong khoảng từ 5 đến 14° khiến cho có thể cải thiện độ bền mà không làm giảm khả năng gia công. Do đó, ở tấm thép theo phương án này, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° được đặt là 20% hoặc lớn hơn. Các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nhỏ hơn 5° có khả năng gia công tuyệt vời, nhưng khó khăn trong việc làm tăng độ bền. Các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt lớn hơn 14° không góp phần cải thiện khả năng uốn mép kéo giãn bởi vì chúng khác nhau về khả năng biến dạng giữa các hạt tinh thể.

Tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° có thể được đo bằng phương pháp sau đây. Đầu tiên, tại vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm t tính từ bề mặt của tấm thép (vị trí 1/4t) ở mặt cắt ngang theo chiều thẳng đứng với chiều cán, vùng có kích thước 200 μ m theo chiều cán và 100 μ m theo chiều pháp tuyến với bề mặt được cán được đưa đi phân tích EBSD ở bước đo 0,2 μ m để thu được thông tin định hướng tinh thể. Ở đây, phép phân tích EBSD được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị được bao gồm kính hiển vi điện tử quét phát xạ nhiệt trường (JSM-7001F do JEOL Ltd. sản xuất) và máy dò EBSD (HIKARI detector do TSL Co., Ltd. sản xuất), với tốc độ phân tích nằm trong khoảng

từ 200 đến 300 điểm/giây. Sau đó, đối với thông tin định hướng tinh thể thu được, vùng có sự định hướng sai 15° hoặc lớn hơn và đường kính tương đương hình tròn là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, sự định hướng sai nội hạt trung bình của các hạt tinh thể được tính toán, và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° được thu được. Hạt tinh thể được xác định như được nêu ở trên và sự định hướng sai nội hạt trung bình có thể được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm "OIM Analysis (nhãn hiệu đã đăng ký)" kèm theo máy phân tích EBSD.

“Sự định hướng sai nội hạt” theo phương án này có nghĩa là “sự phân tán định hướng hạt (Grain Orientation Spread - GOS)” mà là sự phân tán định hướng trong hạt tinh thể. Giá trị của sự định hướng sai nội hạt được thu được là giá trị trung bình của các sự định hướng sai giữa sự định hướng tinh thể quy chiếu và toàn bộ các điểm đo trong cùng hạt tinh thể như được mô tả trong tài liệu "Misorientation Analysis of Plastic Deformation of Stainless Steel by EBSD and X-ray Diffraction Methods," KIMURA Hidehiko, et al., Transactions of the Japan Society of Mechanical Engineers (series A), Vol. 71, No. 712, 2005, p. 1722-1728". Theo phương án này, sự định hướng tinh thể quy chiếu là sự định hướng thu được bằng cách lấy trung bình tất cả các điểm đo trong cùng hạt tinh thể. Giá trị của GOS có thể được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm "OIM Analysis (nhãn hiệu đã đăng ký) Version 7.0,1" kèm theo máy phân tích EBSD.

Ở tấm thép theo phương án này, các tỷ lệ diện tích của các kết cấu tương ứng được quan sát bằng kính hiển vi quang học, chẳng hạn, ferit và bainit và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° không có mối quan hệ trực tiếp. Nói theo cách khác, ví dụ, ngay cả nếu có các tấm thép có cùng tỷ lệ diện tích của ferit và cùng tỷ lệ diện tích của bainit, chúng không nhất thiết giống nhau về tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° . Theo đó, không thể thu được các đặc tính tương đương với các đặc tính của tấm thép theo phương án này chỉ bằng cách kiểm soát tỷ lệ diện tích của ferit và tỷ lệ diện tích của bainit.

Tấm thép theo phương án này bao gồm các hạt tinh thể cứng A trong đó các

chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/cm³ và các hạt tinh thể mềm B trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt là 1×10^{15} vi hạt/cm³ hoặc nhỏ hơn, và % thể tích của các hạt tinh thể cứng A/(% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9. Tổng % thể tích của các hạt tinh thể cứng A và % thể tích của các hạt tinh thể mềm B tốt hơn là 70% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là 80% hoặc lớn hơn. Nói theo cách khác, khi % thể tích của các hạt tinh thể được phân tán với sự tập trung vi hạt lớn hơn 1×10^{15} vi hạt/cm³ và nhỏ hơn 1×10^{16} vi hạt/cm³ lớn hơn 30%, đôi khi khó thu được các đặc tính tương đương với các đặc tính của tấm thép theo phương án này. Do đó, % thể tích của các hạt tinh thể được phân tán với sự tập trung vi hạt lớn hơn 1×10^{15} vi hạt/cm³ và nhỏ hơn 1×10^{16} vi hạt/cm³ tốt hơn là 30% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 20% hoặc nhỏ hơn.

Kích thước của "các chất kết tủa hoặc các cụm" trong các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B là giá trị thu được bằng cách đo đường kính lớn nhất của mỗi trong số nhiều chất kết tủa bằng phương pháp đo được mô tả sau đây và thu được giá trị trung bình của các giá trị đo. Đường kính lớn nhất của các chất kết tủa được xác định là đường kính trong trường hợp mà chất kết tủa hoặc cụm có dạng hình cầu, và được xác định là chiều dài đường chéo trong trường hợp mà nó có dạng tấm.

Các chất kết tủa hoặc các cụm trong hạt tinh thể góp phần cải thiện việc làm bền của tấm thép. Tuy nhiên, khi đường kính lớn nhất của các chất kết tủa vượt quá 8nm, sự tập trung ứng lực trong các chất kết tủa ở kết cấu ferit tại thời điểm gia công tấm thép trở thành nguồn tạo ra các khoảng trống và do đó có khả năng việc làm tăng độ dẻo bị hư hại, và do đó không được ưu tiên. Giới hạn dưới của đường kính lớn nhất của các chất kết tủa không cần phải giới hạn một cách cụ thể, nhưng tốt hơn là 0,2nm hoặc lớn hơn để để biểu hiện ổn định thích đáng hiệu quả cải thiện độ bền của tấm thép thu được bởi lực ghim của các biến vị trong hạt tinh thể.

Các chất kết tủa hoặc các cụm theo phương án này tốt hơn là được tạo ra là các cacbua, các nitrua, hoặc các cacbonitrua của một hoặc nhiều loại nguyên tố tạo kết tủa

được chọn từ nhóm bao gồm Ti, Nb, Mo, và V. Ở đây, cacbonitrua có nghĩa là chất kết tủa được bao gồm cacbua trong đó nitơ được trộn lẫn và cacbua. Ngoài ra, theo phương án này, các chất kết tủa khác với các cacbua, các nitrua, hoặc các cacbonitrua trong số nguyên tố/các nguyên tố tạo kết tủa nêu ở trên được cho phép bao gồm trong khoảng không làm suy yếu các đặc tính tương đương với các đặc tính của tấm thép theo phương án này.

Ở tấm thép theo phương án này, các sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể của các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B bị giới hạn dựa trên cơ chế sau đây để tăng cả độ bền kéo và độ dẻo của tấm thép đích.

Khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể tăng lên ở cả các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B, độ cứng của mỗi hạt tinh thể được hiểu là tăng lên. Ngược lại, khi sự tập trung vi hạt của các cacbua kết tủa trong các hạt tinh thể giảm đi ở cả các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B, độ cứng của mỗi hạt tinh thể được hiểu là giảm đi. Trong trường hợp này, độ giãn dài (tổng độ giãn dài, độ giãn đều) của mỗi hạt tinh thể tăng lên, nhưng sự góp phần vào độ bền giảm đi.

Khi các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B hầu như giống nhau về sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể, độ giãn dài để đáp ứng độ bền kéo giảm đi, không thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo ($YP \times El$) thích đáng. Mặt khác, trong trường hợp mà sự khác biệt trong sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể giữa các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B là lớn, độ giãn dài để đáp ứng độ bền kéo tăng lên để có thể thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo tốt. Hạt tinh thể cứng A chủ yếu đóng vai trò làm tăng độ bền. Hạt tinh thể mềm B chủ yếu đóng vai trò làm tăng độ dẻo. Các tác giả sáng chế bằng thí nghiệm đã phát hiện ra rằng để thu được tấm thép có sự cân bằng độ bền-độ dẻo ($YP \times El$) tốt, cần đặt sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể cứng A nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/cm³ và đặt sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể mềm B ở mức 1×10^{15} vi hạt/cm³ hoặc nhỏ hơn.

Khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể cứng A nhỏ

hơn 1×10^{16} vi hạt/cm³, độ bền của tấm thép trở nên không thích đáng, không thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo thích đáng. Ngoài ra, khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể cứng A vượt quá 1×10^{19} vi hạt/cm³, hiệu quả cải thiện độ bền của tấm thép thu được nhờ các hạt tinh thể cứng A bị bão hòa trở thành nguyên nhân của sự tăng chi phí do lượng bổ sung nguyên tố tạo kết tủa/các nguyên tố tạo kết tủa, hoặc độ dai của ferit hoặc bainit bị hư hại và khả năng uốn mép kéo giãn bị hư hại trong một vài trường hợp.

Khi sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể mềm B vượt quá 1×10^{15} vi hạt/cm³, độ dẻo của tấm thép trở nên không thích đáng, không thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo thích đáng. Vì các lý do nêu ở trên, theo phương án này, sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể cứng A được đặt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/cm³ và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể mềm B được đặt là 1×10^{15} vi hạt/cm³ hoặc nhỏ hơn.

Đối với kết cấu theo phương án này, tỷ lệ của % thể tích của các hạt tinh thể cứng A so với toàn bộ thể tích của kết cấu của tấm thép { % thể tích của các hạt tinh thể cứng A / (% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) } là nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9. % thể tích của các hạt tinh thể cứng A so với toàn bộ thể tích của kết cấu của tấm thép được đặt nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9, do đó thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo của tấm thép đích một cách ổn định. Khi tỷ lệ của % thể tích của các hạt tinh thể cứng A so với toàn bộ thể tích của kết cấu của tấm thép nhỏ hơn 0,1, độ bền của tấm thép giảm đi, kết quả là khó đảm bảo độ bền, mà là độ bền kéo ở mức 480MPa hoặc lớn hơn. Khi tỷ lệ của % thể tích của các hạt tinh thể cứng A vượt quá 0,9, độ dẻo của tấm thép thấp.

Tình cờ, ở tấm thép theo phương án này, thực tế là kết cấu là các hạt tinh thể cứng A hoặc các hạt tinh thể mềm B và thực tế là kết cấu là bainit hoặc ferit không luôn luôn tương ứng với nhau. Trong trường hợp mà tấm thép theo phương án này là tấm thép cán nóng, ví dụ, các hạt tinh thể cứng A có khả năng chủ yếu là bainit và các hạt tinh thể mềm B có khả năng chủ yếu là ferit. Tuy nhiên, ferit với lượng lớn có thể được bao gồm trong các hạt tinh thể cứng A của tấm thép cán nóng, hoặc bainit với lượng lớn có thể được bao gồm trong các hạt tinh thể mềm B. Tỷ lệ diện tích của bainit

hoặc ferit trong kết cấu và tỷ lệ các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B có thể được điều chỉnh bằng cách ủ thép hoặc tương tự.

Trong kết cấu của tấm thép theo phương án này, đường kính lớn nhất của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn có thể được đo bằng cách sử dụng phương pháp sau đây.

Nói chung, khó đo lường các chất kết tủa có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn trong các hạt tinh thể nhờ quan sát bằng kính hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscope – TEM), mặc dù phụ thuộc vào mật độ khuyết tật trong kết cấu. Do đó, tốt hơn là đo đường kính lớn nhất và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể bằng cách sử dụng phương pháp thăm dò nguyên tử ba chiều (three-dimensional atom probe - 3D-AP) thích hợp để quan sát các chất kết tủa có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, phương pháp quan sát bằng 3D-AP được ưu tiên để đo một cách chính xác đường kính lớn nhất và sự tập trung vi hạt của các cụm có kích thước nhỏ hơn trong số các chất kết tủa.

Đường kính lớn nhất và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể có thể được đo như sau, ví dụ, bằng cách sử dụng phương pháp quan sát bằng 3D-AP. Đầu tiên, mẫu dạng thanh có kích thước 0,3mm × 0,3mm × 10mm được cắt ra từ tấm thép để đo và được gia công thành dạng hình kim bằng cách đánh bóng bằng điện để được đặt làm mẫu. Bằng cách sử dụng mẫu này, nửa triệu nguyên tử hoặc lớn hơn được đo bằng 3D-AP theo chiều bất kỳ trong hạt tinh thể và được hiển thị hóa bằng bản đồ ba chiều để được phân tích định lượng. Phép đo như vậy theo chiều bất kỳ được thực hiện trên 10 hạt tinh thể hoặc nhiều hơn và đường kính lớn nhất của các chất kết tủa được bao gồm trong mỗi hạt tinh thể và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn (số các chất kết tủa trên thể tích của vùng quan sát) được thu được là các giá trị trung bình. Khi đường kính lớn nhất của các chất kết tủa trong hạt tinh thể, trong số các chất kết tủa mà mỗi chất đều có hình dạng rõ ràng, chiều dài thanh của mẫu dạng thanh, chiều dài đường chéo của mẫu dạng tấm, và đường kính của mẫu dạng hình cầu được đặt. Trong số các chất kết tủa, các cụm có kích thước nhỏ hơn đặc biệt không rõ ràng về hình

dạng của chúng trong nhiều trường hợp, và do đó các đường kính lớn nhất của các chất kết tủa và các cụm tốt hơn là được xác định bằng phương pháp đo kích thước đặc biệt sử dụng sự bay hơi vì trường của kính hiển vi ion trường (field-ion microscope – FIM) hoặc tương tự.

Các hạt tinh thể tùy ý và các kết quả đo theo các chiều bất kỳ như nêu ở trên khiến cho có thể tìm ra trạng thái kết tủa của các chất kết tủa trong mỗi hạt tinh thể và phân biệt các hạt tinh thể với các trạng thái kết tủa khác nhau của các chất kết tủa với hạt tinh thể khác, và tìm ra tỷ lệ thể tích của chúng.

Ngoài ra, ngoài phương pháp đo được mô tả ở trên, cũng có thể sử dụng kết hợp phương pháp kính hiển vi ion trường (FIM), mà kính này có thể mở rộng trường nhìn. FIM là phương pháp đưa ra sự phân bố điện trường bề mặt hai chiều bằng cách sử dụng điện áp cao cho mẫu hình kim và đưa vào khí trơ. Thông thường, các chất kết tủa trong vật liệu thép tạo ra sự tương phản sáng hơn hoặc tối hơn so với chất nền ferit. Sự bay hơi vì trường của một mặt phẳng nguyên tử cụ thể được thực hiện theo từng mặt phẳng nguyên tử để quan sát sự xuất hiện và biến mất của sự đối lập của các chất kết tủa, nhờ đó khiến cho có thể đánh giá một cách chính xác kích thước của chất kết tủa theo chiều sâu.

Theo phương án này, khả năng uốn mép kéo giãn được đánh giá nhờ phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa bằng cách sử dụng sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa. Mỗi trong số các hình vẽ Fig.1A và Fig.1B minh họa sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa được dùng cho phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa theo phương án này, Fig.1A là hình chiếu phối cảnh, và Fig.1B là hình chiếu bằng. Theo phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa, cụ thể, sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa 1 mô phỏng hình dạng uốn mép kéo giãn được tạo ra bao gồm phần đường thẳng và phần hình cung như được minh họa trên Fig.1A và Fig.1B được ép, và khả năng uốn mép kéo giãn được đánh giá bằng cách sử dụng chiều cao biểu mẫu giới hạn tại thời điểm đó. Trong phương pháp thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa theo phương án này, chiều cao biểu mẫu giới hạn H (mm) thu được khi khoảng hở tại thời điểm đục lỗ phần góc 2 được đặt là 11% được đo bằng cách sử dụng sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa 1 trong đó bán kính của đường cong

R của phần góc 2 được đặt nằm trong khoảng từ 50 đến 60mm và góc mở θ của phần góc 2 được đặt là 120° . Ở đây, khoảng hở chỉ ra tỷ lệ của khe hở giữa khuôn đục và lỗ đục và chiều dày của mẫu thử nghiệm. Thực tế, khoảng hở được xác định bằng cách kết hợp công cụ đục lỗ và chiều dày tấm, do đó có nghĩa là 11% thỏa mãn khoảng từ 10,5 đến 11,5%. Đối với việc xác định chiều cao biểu mẫu giới hạn H, liệu có hay không vết nứt có chiều dài bằng 1/3 chiều dày tấm hoặc lớn hơn tồn tại được quan sát bằng mắt thường sau khi tạo ra, và sau đó chiều cao biểu mẫu giới hạn mà không tồn tại các vết nứt được xác định là chiều cao biểu mẫu giới hạn.

Trong thử nghiệm mở rộng lỗ thông thường được sử dụng làm phương pháp thử nghiệm đối với khả năng uốn mép kéo giãn, tấm này dẫn đến sự đứt gãy với ứng lực nhỏ hoặc không có ứng lực được phân bố theo chiều chu vi. Do đó, ứng lực và độ dốc ứng suất quanh phần đứt gãy khác với ứng lực và độ dốc ứng suất tại thời điểm tạo ra sự uốn mép kéo giãn thực tế. Ngoài ra, trong thử nghiệm mở rộng lỗ, việc đánh giá được thực hiện tại thời điểm khi sự đứt gãy xuất hiện xuyên suốt chiều dày tấm, hoặc tương tự, dẫn đến việc đánh giá phản ánh việc tạo ra sự uốn mép kéo giãn ban đầu không được thực hiện. Mặt khác, trong thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa được sử dụng theo phương án này, khả năng uốn mép kéo giãn tính đến sự phân bố ứng lực có thể được đánh giá, và do đó đánh giá phản ánh việc tạo ra sự uốn mép kéo giãn ban đầu có thể được thực hiện.

Theo tấm thép theo phương án này, độ bền kéo 480MPa hoặc lớn hơn có thể thu được. Tức là, độ bền kéo tuyệt vời có thể thu được. Giới hạn trên của độ bền kéo không bị giới hạn một cách cụ thể. Tuy nhiên, trong khoảng thành phần theo phương án này, giới hạn trên của độ bền kéo thực tế là khoảng 1180MPa. Độ bền kéo có thể được đo bằng cách sản xuất mẫu thử nghiệm số 5 được mô tả trong tài liệu JIS-Z2201 và thực hiện thử nghiệm kéo theo phương pháp thử nghiệm được mô tả trong tài liệu JIS-Z2241.

Theo tấm thép theo phương án này, tích của độ bền kéo và chiều cao biểu mẫu giới hạn trong thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa là $19500\text{mm} \cdot \text{MPa}$ hoặc lớn hơn, có thể thu được. Tức là, có thể thu được khả năng uốn mép kéo giãn tuyệt vời. Giới hạn trên của tích này không bị giới hạn một cách cụ thể. Tuy nhiên, trong khoảng

thành phần theo phương án này, giới hạn trên của tích thực tế là khoảng 25000mm · MPa.

Theo tấm thép theo phương án này, tích của ứng suất đàn hồi và độ dẻo, mà là 10000MPa · % hoặc lớn hơn, có thể thu được. Tức là, có thể thu được sự cân bằng độ bền-độ dẻo tuyệt vời.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án theo sáng chế sẽ được giải thích. Theo phương pháp này, cán nóng, làm nguội lần thứ nhất, và làm nguội lần thứ hai được thực hiện theo thứ tự.

Cán nóng

Quy trình cán nóng bao gồm bước cán thô và bước cán hoàn thiện. Trong quy trình cán nóng, phôi tấm (thanh thép hình nhỏ) có thành phần hóa học nêu ở trên được làm nóng để được đưa đi cán thô. Nhiệt độ làm nóng phôi tấm được đặt là $SRT_{min}^{\circ}C$ được tính toán bằng công thức (1) dưới đây hoặc lớn hơn và bằng 1260°C hoặc nhỏ hơn.

$$SRT_{min} = [7000/\{2,75 - \log([Ti] \times [C])\} - 273) + 10000/\{4,29 - \log([Nb] \times [C])\} - 273]/2 \cdot \cdot \cdot (1)$$

Ở đây, [Ti], [Nb], và [C] trong công thức (1) là các lượng của Ti, Nb, và C tính theo % khối lượng.

Khi nhiệt độ làm nóng phôi tấm nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ}C$, Ti và/hoặc Nb không được đưa vào dung dịch một cách thích đáng. Khi Ti và/hoặc Nb không được đưa vào dung dịch tại thời điểm làm nóng phôi tấm, khó làm cho Ti và/hoặc Nb kết tủa ở dạng cacbua (TiC, NbC) một cách tinh vi và cải thiện độ bền của thép bằng cách làm bền kết tủa. Ngoài ra, khi nhiệt độ làm nóng phôi tấm nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ}C$, khó cố định C bằng cách tạo ra cacbua (TiC, NbC) để ngăn chặn sự hình thành của xementit có hại cho đặc tính viền mép lỗ. Ngoài ra, khi nhiệt độ làm nóng phôi tấm nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ}C$, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° có khả năng là thấp. Do đó, nhiệt độ làm nóng phôi tấm được đặt là $SRT_{min}^{\circ}C$ hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ làm nóng phôi tấm lớn

hơn 1260°C, hiệu suất giảm đi do việc cạo gỉ. Do đó, nhiệt độ làm nóng phôi tấm được đặt là 1260°C hoặc nhỏ hơn.

Bằng bước cán thô, thu được thanh thô. Sau đó, bằng cách cán hoàn thiện, thu được tấm thép cán nóng. Ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng (ba bước chuyển cuối cùng) trong bước cán hoàn thiện được đặt nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,6 để đặt tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° ở mức 20% hoặc lớn hơn, và sau đó bước làm nguội được mô tả sau đây được thực hiện. Điều này là do lý do sau. Các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° được hình thành bằng cách được biến đổi thành trạng thái loạn thẳng bằng ở nhiệt độ tương đối thấp. Do đó, mật độ biến vị của austenit trước khi biến đổi bị giới hạn ở khoảng nhất định trong bước cán nóng, và đồng thời, tiếp theo, tốc độ làm nguội bị giới hạn ở khoảng nhất định, nhờ đó khiến cho có thể kiểm soát sự tạo ra các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14°.

Tức là, ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng trong bước cán hoàn thiện và tiếp theo là bước làm nguội được kiểm soát, nhờ đó khiến cho có thể kiểm soát tần suất tạo mầm của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° và tiếp theo là tỷ số tăng trưởng. Kết quả là, có thể kiểm soát tỷ lệ diện tích của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° trong tấm thép được thu được sau khi làm nguội. Cụ thể, mật độ biến vị của austenit được đưa vào bằng cách cán hoàn thiện chủ yếu liên quan đến tần suất tạo mầm và tốc độ làm nguội sau khi cán chủ yếu liên quan đến tỷ số tăng trưởng.

Khi ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng trong bước cán hoàn thiện nhỏ hơn 0,5, mật độ biến vị của austenit được đưa vào là không thích đáng và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° trở nên nhỏ hơn 20%. Do đó, ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng được đặt là 0,5 hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng trong bước cán hoàn thiện vượt quá 0,6, sự kết tinh lại của austenit xuất hiện trong khi cán nóng và mật độ biến vị tích lũy ở thời gian biến đổi giảm đi. Kết quả là, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° trở nên nhỏ

hơn 20%. Do đó, ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng được đặt là 0,6 hoặc nhỏ hơn.

Ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng trong bước cán hoàn thiện (ϵ_{eff}) được tính toán bằng công thức (2) dưới đây.

$$\epsilon_{eff} = \sum \epsilon_i(t, T) \cdot \cdot \cdot (2)$$

Ở đây,

$$\epsilon_i(t, T) = \epsilon_{i0} / \exp\{(t/\tau_R)^{2/3}\},$$

$$\tau_R = \tau_0 \cdot \exp(Q/RT),$$

$$\tau_0 = 8,46 \times 10^{-9},$$

$$Q = 183200J,$$

$$R = 8,314J/K \cdot mol,$$

ϵ_{i0} là ứng lực logarit tại thời gian biến đổi, t là khoảng thời gian tích lũy cho đến ngay trước quy trình làm nguội trong rãnh cán, và T là nhiệt độ cán trong rãnh cán.

Khi nhiệt độ kết thúc của quy trình cán được đặt là nhỏ hơn $A_{r3}^{\circ}C$, mật độ biến vị của austenit trước khi biến đổi tăng lên một cách quá mức, do đó khó đặt các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° ở mức 20% hoặc lớn hơn. Do đó, nhiệt độ kết thúc việc cán hoàn thiện được đặt là $A_{r3}^{\circ}C$ hoặc lớn hơn.

Công đoạn cán hoàn thiện là tốt hơn là được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán tiếp đôi trong đó nhiều máy cán được sắp xếp tuyến tính và thực hiện việc cán liên tục theo một chiều để thu được chiều dày thích hợp. Ngoài ra, trong trường hợp mà bước cán hoàn thiện được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán tiếp đôi, bước làm nguội (làm nguội liên vị trí) được thực hiện giữa máy cán để kiểm soát nhiệt độ tấm thép trong khi cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ $A_{r3}^{\circ}C$ hoặc lớn hơn đến $A_{r3} + 150^{\circ}C$ hoặc nhỏ hơn. Khi nhiệt độ lớn nhất của tấm thép trong khi cán hoàn thiện vượt

quá $Ar_3 + 150^\circ C$, kích thước hạt trở nên quá lớn, và do đó sự hư hại độ dai được quan tâm.

Bước cán nóng được thực hiện ở các điều kiện nêu ở trên, nhờ đó khiến cho có thể giới hạn khoảng mật độ biến vị của austenit trước khi biến đổi và thu được tỷ lệ mong muốn của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° .

Ar_3 được tính toán bằng công thức (3) dưới đây xét đến ảnh hưởng lên điểm biến đổi bằng cách biến đổi dựa trên thành phần hóa học của tấm thép.

$$Ar_3 = 970 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \cdot \cdot \cdot (3)$$

Ở đây, $[C]$, $[Si]$, $[P]$, $[Al]$, $[Mn]$, $[Mo]$, $[Cu]$, $[Cr]$, và $[Ni]$ lần lượt là các lượng của C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr, và Ni tính theo % khối lượng. Các nguyên tố mà không được bao gồm được tính là 0%.

Làm nguội lần thứ nhất, làm nguội lần thứ hai

Sau khi cán nóng, bước làm nguội lần thứ nhất và bước làm nguội lần thứ hai tấm thép cán nóng được thực hiện theo thứ tự. Trong bước làm nguội lần thứ nhất, tấm thép cán nóng được làm nguội xuống đến vùng nhiệt độ thứ nhất nằm trong khoảng từ 600 đến $750^\circ C$ với tốc độ làm nguội $10^\circ C/giây$ hoặc lớn hơn. Trong bước làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng được làm nguội xuống đến vùng nhiệt độ thứ hai nằm trong khoảng từ 450 đến $650^\circ C$ với tốc độ làm nguội $30^\circ C/giây$ hoặc lớn hơn. Giữa bước làm nguội lần thứ nhất và bước làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng được giữ ở vùng nhiệt độ thứ nhất trong khoảng thời gian từ 1 đến 10 giây. Sau bước làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng tốt hơn là được làm nguội bằng không khí.

Khi tốc độ làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất nhỏ hơn $10^\circ C/giây$, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° thấp. Ngoài ra, khi nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất nhỏ hơn $600^\circ C$, khó thu được 5% hoặc lớn hơn của ferit tính theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt

nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp. Ngoài ra, khi nhiệt độ kết thúc làm nguội của bước làm nguội lần thứ nhất lớn hơn 750°C, khó thu được 5% hoặc lớn hơn bainit tính theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp.

Khi thời gian lưu trữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 750°C vượt quá 10 giây, xementit có hại cho đặc tính viền mép lỗ có khả năng được tạo ra. Ngoài ra, khi thời gian lưu trữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 750°C vượt quá 10 giây, thường khó để thu được 5% hoặc lớn hơn bainit tính theo tỷ lệ diện tích, và ngoài ra, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp. Khi thời gian lưu trữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 750°C nhỏ hơn 1 giây, khó thu được 5% hoặc lớn hơn của ferit tính theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp.

Khi tốc độ làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai nhỏ hơn 30°C/giây, xementit có hại cho đặc tính viền mép lỗ có khả năng được tạo ra, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp. Khi nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai nhỏ hơn 450°C hoặc lớn hơn 650°C, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp.

Giới hạn trên của tốc độ làm nguội ở mỗi bước làm nguội lần thứ nhất và bước làm nguội lần thứ hai không bị giới hạn cụ thể, nhưng có thể được đặt ở 200°C/giây hoặc nhỏ hơn xét về dung lượng của phương tiện làm nguội.

Có hiệu quả khi đặt sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai nằm trong khoảng từ 30 đến 250°C. Khi sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai nhỏ hơn 30°C, % thể tích của các hạt tinh thể cứng A so với toàn bộ thể tích của kết cấu của tấm thép $\{\% \text{ thể tích của các hạt tinh thể cứng A} / (\% \text{ thể tích của các hạt tinh thể cứng A} + \% \text{ thể tích của các hạt tinh thể mềm B})\}$ trở nên nhỏ

hơn 0,1. Do đó, sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai được đặt là 30°C hoặc lớn hơn, tốt hơn là được đặt ở mức 40°C hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 50°C hoặc lớn hơn. Khi sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai vượt quá 250°C, % thể tích của các hạt tinh thể cứng A so với toàn bộ thể tích của kết cấu của tấm thép trở nên lớn hơn 0,9. Do đó, sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai được đặt là 250°C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là được đặt ở mức 230°C hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 220°C hoặc nhỏ hơn.

Ngoài ra, sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ nhất và nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội lần thứ hai được đặt nằm trong khoảng từ 30 đến 250°C, và do đó kết cấu bao gồm các hạt tinh thể cứng A trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/cm³ và các hạt tinh thể mềm B trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt là 1×10^{15} vi hạt/cm³ hoặc nhỏ hơn.

Theo cách này, có thể thu được tấm thép theo phương án này.

Trong phương pháp sản xuất được mô tả ở trên, các điều kiện cán nóng được kiểm soát, để từ đó đưa sự biến vị gia công vào austenit. Sau đó, việc quan trọng là làm cho các biến vị gia công đã đưa vào còn lại ở một mức độ vừa phải bằng cách kiểm soát các điều kiện làm nguội. Tức là, ngay cả khi các điều kiện cán nóng hoặc các điều kiện làm nguội được kiểm soát một cách độc lập, không thể để thu được tấm thép theo phương án này, dẫn đến việc điều quan trọng là kiểm soát một cách thích hợp cả hai điều kiện cán nóng và các điều kiện làm nguội. Các điều kiện khác với các điều kiện trên không bị giới hạn một cách cụ thể bởi vì các phương pháp đã biết, chẳng hạn, cuộn bằng phương pháp đã biết sau bước làm nguội lần thứ hai, ví dụ, chỉ cần được sử dụng. Ngoài ra, các vùng nhiệt độ đối với sự kết tủa được tách riêng, nhờ đó khiến cho có thể phân tán các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B nêu ở trên.

Việc tẩy gỉ có thể được thực hiện để loại bỏ các gỉ sắt trên bề mặt. Miễn là có các điều kiện cán nóng và làm nguội nêu ở trên, có thể thu được các hiệu quả tương tự ngay cả khi việc cán nguội, xử lý nhiệt (ủ thép), mạ, v.v. được thực hiện sau đó.

Trong bước cán nguội, tỷ lệ biến đổi tốt hơn là 90% hoặc nhỏ hơn. Khi tỷ lệ biến đổi trong bước cán nguội vượt quá 90%, độ dẻo đôi khi giảm đi. Điều này có thể hiểu được là do các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B bị ép nhiều bởi bước cán nguội, và các hạt kết tinh lại ở thời gian ủ thép sau khi cán nguội xâm lấn lên cả hai phần mà là các hạt tinh thể cứng A và các hạt tinh thể mềm B sau khi cán nóng và không còn các hạt tinh thể có hai loại độ cứng nữa. Bước cán nguội không phải thực hiện và giới hạn dưới của tỷ lệ biến đổi trong bước cán nguội là 0%. Như nêu ở trên, tấm gốc được cán nóng nguyên vẹn có khả năng tạo hình tuyệt vời. Mặt khác, ở các biến vị được đưa vào bằng cách cán nguội, Ti, Nb, Mo, v.v. được hòa tan rắn tập hợp để kết tủa, nhờ đó khiến cho có thể cải thiện điểm khởi lưu (yield point - YP) và độ bền kéo (TS). Do đó, bước cán nguội có thể được sử dụng để điều chỉnh độ bền. Tấm thép cán nguội được thu được bằng bước cán nguội.

Nhiệt độ xử lý nhiệt (ủ thép) sau khi cán nguội tốt hơn là 840°C hoặc nhỏ hơn. Tại thời điểm ủ thép, hiện tượng phức tạp, chẳng hạn, làm bền bằng sự kết tủa Ti và Nb mà đã không kết tủa một cách thích đáng ở giai đoạn cán nóng, sự phục hồi biến vị, và sự làm mềm bởi sự tăng trưởng của các chất kết tủa xuất hiện. Khi nhiệt độ ủ thép vượt quá 840°C, hiệu quả tăng trưởng của các chất kết tủa là lớn, các chất kết tủa có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn giảm đi, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai tinh thể nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° thấp. Nhiệt độ ủ thép là tốt hơn nữa là 820°C hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là 800°C hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ thép không được đặt một cách cụ thể. Như được mô tả ở trên, điều này là do tấm gốc cán nóng nguyên vẹn không được đưa đi ủ thép có khả năng tạo hình tuyệt vời.

Ở bề mặt của tấm thép theo phương án này, lớp mạ có thể được tạo ra. Tức là, tấm thép được mạ có thể được coi là một phương án khác phương án theo sáng chế. Lớp mạ là, ví dụ, lớp mạ điện, lớp mạ nhúng nóng, hoặc lớp mạ nhúng nóng hợp kim hóa. Về lớp mạ nhúng nóng và lớp mạ nhúng nóng hợp kim hóa, một lớp được làm

bằng ít nhất một trong số kẽm và nhôm, ví dụ, có thể được kể đến. Cụ thể, có thể kể đến lớp mạ kẽm nhúng nóng, lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa, lớp mạ nhôm nhúng nóng, lớp mạ nhôm nhúng nóng được hợp kim hóa, lớp mạ Zn-Al nhúng nóng, lớp mạ Zn-Al nhúng nóng được hợp kim hóa, v.v.. Xét về khả năng mạ và độ bền chống ăn mòn, cụ thể, lớp mạ kẽm nhúng nóng và lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa được ưu tiên.

Tấm thép được mạ nhúng nóng và tấm thép được mạ nhúng nóng hợp kim hóa được chế tạo bằng cách thực hiện nhúng nóng hoặc nhúng nóng hợp kim hóa trên tấm thép theo phương án này nêu ở trên. Ở đây, nhúng nóng hợp kim hóa có nghĩa là việc nhúng nóng được thực hiện để tạo ra lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt, và sau đó việc xử lý hợp kim hóa được thực hiện trên đó để tạo ra lớp mạ nhúng nóng trong lớp mạ nhúng nóng hợp kim hóa. Tấm thép mà được đưa đi mạ có thể là tấm thép cán nóng, hoặc tấm thép thu được sau khi cán nguội và việc ủ thép được thực hiện trên tấm thép cán nóng. Tấm thép được mạ nhúng nóng và tấm thép được mạ nhúng nóng hợp kim hóa bao gồm tấm thép theo phương án này và có lớp mạ nhúng nóng và lớp mạ nhúng nóng hợp kim hóa được tạo ra trên đó theo thứ tự, và do đó, có thể đạt được đặc tính ngăn gỉ tuyệt vời cùng với các hiệu quả chức năng của tấm thép theo phương án này. Trước khi thực hiện mạ, Ni hoặc tương tự có thể được ứng dụng cho bề mặt ở dạng mạ sơ bộ.

Khi việc xử lý nhiệt (ủ thép) được thực hiện trên tấm thép, tấm thép có thể được nhúng trong dung dịch mạ kẽm nhúng nóng một cách trực tiếp sau khi được đưa đi xử lý nhiệt để tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng trên bề mặt của nó. Trong trường hợp này, tấm gốc để xử lý nhiệt có thể là tấm thép cán nóng hoặc tấm thép cán nguội. Sau khi lớp mạ kẽm nhúng nóng được tạo ra, lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa có thể là được tạo ra bằng cách làm nóng lại tấm thép và thực hiện việc xử lý hợp kim hóa để hợp kim hóa lớp mạ kẽm và sắt nền.

Tấm thép được mạ theo phương án theo sáng chế có đặc tính ngăn gỉ tuyệt vời do lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Do đó, ví dụ, khi một bộ phận của xe ô tô được giảm chiều dày bằng cách sử dụng tấm thép được mạ theo phương án này, có thể ngăn chặn sự rút ngắn tuổi thọ có ích của xe ô tô bị gây ra do sự ăn mòn bộ phận.

Lưu ý rằng các phương án nêu ở trên chỉ minh họa cụ thể các ví dụ thực hiện sáng chế, và phạm vi kỹ thuật của sáng chế không được hiểu theo cách bị giới hạn ở các phương án này. Tức là, sáng chế có thể được thực hiện theo các cách khác nhau mà không đi trệch khỏi tinh thần kỹ thuật hoặc các dấu hiệu chính của sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ theo sáng chế sẽ được giải thích. Các điều kiện ở các ví dụ là các ví dụ về các điều kiện được sử dụng để xác minh tính khả thi và hiệu quả theo sáng chế, và sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ về các điều kiện này. Sáng chế có thể sử dụng các điều kiện khác nhau mà không đi trệch khỏi tinh thần theo sáng chế đến mức đạt được mục đích theo sáng chế.

Các thép có các thành phần hóa học được minh họa trong bảng 1 và bảng 2 được nấu chảy để chế tạo các thanh thép hình nhỏ, các thanh thép hình nhỏ thu được được làm nóng đến các nhiệt độ làm nóng được minh họa trong bảng 3 và bảng 4 để được đưa đi cán thô trong quy trình gia công nóng và sau đó được đưa đi cán hoàn thiện ở các điều kiện được minh họa trong bảng 3 và bảng 4. Các chiều dày tấm của các tấm thép cán nóng sau khi cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 2,2 đến 3,4mm. Mỗi cột trống trong bảng 1 và bảng 2 chỉ ra rằng giá trị phân tích nhỏ hơn giới hạn phát hiện. Mỗi phần gạch chân trong bảng 1 và bảng 2 chỉ ra rằng giá trị bằng số của nó nằm ngoài phạm vi theo sáng chế, và mỗi phần gạch chân trong bảng 4 chỉ ra rằng giá trị bằng số của nó là nằm ngoài phạm vi phù hợp để chế tạo tấm thép theo sáng chế.

Bảng 1

Thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại: Fe và các tạp chất)								
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N
A	0,047	0,41	0,72	0,011	0,005	0,050	0,150	0,031	0,0026
B	0,036	0,32	1,02	0,019	0,003	0,030	0,090	0,022	0,0019
C	0,070	1,22	1,21	0,022	0,006	0,040	0,110	0,042	0,0034
D	0,053	0,81	1,51	0,016	0,012	0,030	0,110	0,033	0,0027
E	0,039	0,21	1,01	0,014	0,008	0,040		0,071	0,0029
F	0,041	0,93	1,23	0,014	0,010	0,030	0,150	0,037	0,0034
G	0,064	0,72	1,21	0,014	0,009	0,100	0,120	0,031	0,0043
H	0,051	0,53	1,33	0,016	0,008	0,030	0,140	0,041	0,0027

I	0,059	0,62	1,02	0,010	0,010	0,080	0,110	0,023	0,0021
J	0,031	0,62	0,73	0,013	0,006	0,030	0,110	0,022	0,0027
K	0,043	1,42	1,72	0,011	0,003	0,050	0,150	0,032	0,0035
L	0,054	0,43	1,52	0,014	0,005	0,040	0,130	0,041	0,0023
M	0,056	0,22	1,23	0,016	0,008	0,030	0,160	0,021	0,0011
N	0,066	0,81	1,41	0,015	0,007	0,050	0,090	0,017	0,0021
O	0,061	0,61	1,62	0,018	0,009	0,040	0,120	0,023	0,0027
P	0,052	0,81	1,82	0,015	0,010	0,030	0,100	0,033	0,0027
Q	0,039	0,13	1,41	0,010	0,008	0,200	0,070	0,012	0,0027
R	0,026	0,05	1,16	0,011	0,004	0,015	0,070		0,0029
S	0,092	0,05	1,20	0,002	0,003	0,030	0,015	0,029	0,0030
T	0,062	0,06	1,48	0,017	0,003	0,035	0,055	0,035	0,0031
U	0,081	0,04	1,52	0,014	0,004	0,030	0,022	0,020	0,0034
a	<u>0,162</u>	0,42	1,22	0,010	0,006	0,300	0,080	0,043	0,0015
b	0,051	<u>2,73</u>	0,82	0,012	0,010	0,050	0,090	0,032	0,0024
c	0,047	0,23	<u>3,21</u>	0,015	0,008	0,040	0,080	0,041	0,0030
d	0,039	0,52	0,82	0,013	0,007	0,030	0,050	0,002	0,0043
e	0,064	0,62	1,72	0,016	0,012	0,030	<u>0,250</u>	0,032	0,0021
g	0,049	0,52	1,22	0,018	0,009	0,060	0,150	0,081	0,0027

Bảng 2

Thép số	Thành phần hóa học (% khối lượng, còn lại: Fe và các tạp chất)										Ar3 (°C)
	Cr	B	Mo	Cu	Ni	Mg	REM	Ca	Zr	Ti+Nb	
A										0,181	907
B										0,112	882
C								0,001		0,152	884
D	0,15									0,143	839
E										0,071	877
F										0,187	880
G		0,0010								0,151	870
H										0,181	855
I				0,06	0,03				0,001	0,133	877
J										0,132	918
K			0,13							0,182	838
L							0,005			0,171	832
M				0,08	0,04					0,181	842

N									0,107	852
O					0,0003				0,143	828
P									0,133	818
Q									0,082	843
R									0,070	860
S									0,044	833
T									0,090	822
U									0,042	811
a									0,123	834
b							0,0006		0,122	974
c									0,121	673
d		0,0030							0,007	904
e									0,282	817
g									0,231	867

Bảng 3

Thử nghiệm số	Thép số	Ar3 (°C)	SRT nhỏ nhất (°C)	Nhiệt độ làm nóng (°C)	Nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện (°C)	Ứng suất tích lũy ở ba giai đoạn cuối của quy trình cán nóng	Nhiệt độ lớn nhất của tấm thép vào lúc cán hoàn thiện (°C)
1	A	907	1141	1200	916	0,56	1026
2	B	882	1071	1200	904	0,59	1014
3	C	884	1179	1220	909	0,56	995
4	D	839	1139	1200	885	0,57	980
5	E	877	946	1180	906	0,54	996
6	F	880	1135	1200	927	0,53	1017
7	G	870	1162	1180	897	0,56	995
8	H	855	1158	1230	914	0,60	1000
9	I	877	1134	1210	900	0,57	1002
10	J	918	1067	1230	935	0,58	1024
11	K	838	1135	1200	896	0,53	968
12	L	832	1161	1200	927	0,58	972
13	M	842	1149	1230	907	0,55	973
14	N	852	1120	1180	883	0,55	979
15	O	828	1143	1200	892	0,59	974
16	P	818	1131	1180	876	0,58	955
17	Q	843	1041	1200	915	0,59	984
18	R	860	1000	1240	923	0,55	963
19	S	833	1079	1240	915	0,55	932

20	T	822	1117	1240	943	0,58	953
21	U	811	1069	1240	0	0,60	953

Bảng 4

Thử nghiệm số	Thép số	Ar3 (°C)	SRT nhỏ nhất (°C)	Nhiệt độ làm nóng (°C)	Nhiệt độ kết thúc cán hoàn thiện (°C)	Ứng suất tích lũy ở ba giai đoạn cuối của quy trình cán nóng	Nhiệt độ lớn nhất của tấm thép vào lúc cán hoàn thiện (°C)
22	a	834	1257	<u>1210</u>	894	0,57	<u>985</u>
23	b	974	1120	1180	989	0,56	1083
24	c	673	1116	1200	766	0,58	822
25	d	904	962	1200	912	0,56	989
26	e	817	1212	<u>1270</u>	878	0,54	959
28	g	867	1191	1210	907	0,56	984
29	M	842	1149	<u>1125</u>	905	0,55	979
30	C	884	1179	1180	<u>846</u>	0,54	1014
31	C	884	1179	1200	896	<u>0,44</u>	1013
32	C	884	1179	1200	907	<u>0,71</u>	1009
33	C	884	1179	1210	958	0,58	<u>1055</u>
34	C	884	1179	1200	909	<u>0,61</u>	1015
35	C	884	1179	1190	928	0,57	1007
36	M	842	1149	1200	908	0,54	992
37	M	842	1149	1180	893	0,56	985
38	M	842	1149	1200	896	0,55	991
39	M	842	1149	1200	899	0,57	990
40	M	842	1149	1210	910	0,57	987
41	M	842	1149	1210	904	0,52	982
42	M	842	1149	1210	905	0,53	982
43	M	842	1149	1210	908	0,52	981
44	M	842	1149	1210	907	0,52	981

Ar₃ (°C) được thu được từ các thành phần được minh họa trong bảng 1 và bảng 2 bằng cách sử dụng công thức (3).

$$Ar_3 = 970 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \cdot \cdot \cdot (3)$$

Ứng lực tích lũy ở ba giai đoạn cuối cùng được thu được bằng công thức (2)

$$\sigma_{eff.} = \Sigma \sigma_i(t, T) \cdot \cdot \cdot (2)$$

Ở đây,

$$\varepsilon_i(t, T) = \varepsilon_{i0} / \exp\{(t/\tau R)^{2/3}\},$$

$$\tau R = \tau_0 \cdot \exp(Q/RT),$$

$$\tau_0 = 8.46 \times 10^{-9},$$

$$Q = 183200J,$$

$$R = 8.314J/K \cdot \text{mol},$$

ε_{i0} là ứng lực logarit tại thời gian biến đổi, t là khoảng thời gian tích lũy cho đến ngay trước quy trình làm nguội trong rãnh cán, và T là nhiệt độ cán trong rãnh cán.

Tiếp theo, ở các điều kiện được minh họa trong bảng 5 và bảng 6, bước nguội lần thứ nhất, sự giữ lại trong vùng nhiệt độ thứ nhất, và bước làm nguội lần thứ hai được thực hiện, và các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 1 đến số 44 được thu được.

Tấm thép cán nóng theo thử nghiệm số 21 được đưa đi cán nguội ở tỷ lệ biến đổi được minh họa trong bảng 5 và được đưa đi xử lý nhiệt ở nhiệt độ xử lý nhiệt được minh họa trong bảng 5, và sau đó có lớp mạ kẽm nhúng nóng được tạo ra trên đó, và ngoài ra việc xử lý hợp kim hóa được thực hiện để nhờ đó tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa (GA) trên bề mặt. Các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 18 đến số 20, và số 44 được đưa đi xử lý nhiệt ở các nhiệt độ xử lý nhiệt được minh họa trong bảng 5 và bảng 6. Các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 18 đến số 20 được đưa đi xử lý nhiệt, và sau đó có lớp mạ kẽm nhúng nóng (GI) được tạo ra trên đó. Mỗi phần gạch chân trong bảng 6 chỉ ra rằng giá trị bằng số đó nằm ngoài phạm vi thích hợp để chế tạo tấm thép theo sáng chế.

Bảng 5

Thử nghiệm số	Thép số	Tốc độ làm nguội ở bước làm nguội thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội thứ nhất (°C)	Thời gian giữ ở vùng nhiệt độ thứ nhất (giây)	Tốc độ làm nguội ở bước làm nguội thứ hai (°C/giây)	Nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội thứ hai (°C)	Sự chênh lệch nhiệt độ giữa các nhiệt độ kết thúc làm nguội thứ nhất và thứ hai (°C)	Tỷ lệ biến đổi trong bước cán nguội (%)	nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)	Mạ
1	A	35	735	4	39	551	184	Không	Không	Không
2	B	35	690	4	36	565	125	Không	Không	Không
3	C	35	660	2	39	590	70	Không	Không	Không
4	D	35	680	6	40	596	84	Không	Không	Không
5	E	35	700	2	36	582	118	Không	Không	Không
6	F	35	680	2	39	506	174	Không	Không	Không
7	G	35	710	5	40	493	217	Không	Không	Không
8	H	35	720	4	36	545	175	Không	Không	Không
9	I	35	680	1	33	610	70	Không	Không	Không
10	J	35	730	3	36	581	149	Không	Không	Không
11	K	35	740	8	41	631	109	Không	Không	Không
12	L	35	700	2	36	546	154	Không	Không	Không
13	M	35	690	2	35	529	161	Không	Không	Không
14	N	35	700	3	34	506	194	Không	Không	Không
15	O	35	710	7	37	522	188	Không	Không	Không
16	P	35	680	6	37	573	107	Không	Không	Không
17	Q	35	730	6	39	608	122	Không	Không	Không
18	R	35	710	4	34	577	133	Không	700	GI
19	S	35	710	3	36	603	107	Không	700	GI
20	T	35	670	4	38	572	98	Không	700	GI
21	U	35	640	8	36	540	100	62%	750	GA

Bảng 6

Thử nghiệm số	Thép số	Tốc độ làm nguội ở bước làm nguội thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội thứ nhất (°C)	Thời gian giữ ở vùng nhiệt độ thứ nhất (giây)	Tốc độ làm nguội bước làm nguội thứ hai (°C/giây)	Nhiệt độ kết thúc làm nguội ở bước làm nguội thứ hai (°C)	Sự chênh lệch nhiệt độ giữa các nhiệt độ kết thúc làm nguội thứ nhất và thứ hai (°C)	Tỷ lệ biến đổi trong bước cán nguội(%)	nhiệt độ xử lý nhiệt(°C)	Mạ
22	a	35	690	5	42	593	97	Không	Không	Không
23	b	35	700	6	36	540	160	Không	Không	Không
24	c	35	740	7	40	533	207	Không	Không	Không
25	d	35	680	3	35	532	148	Không	Không	Không
26	e	35	660	2	34	515	145	Không	Không	Không
28	g	35	690	4	35	639	51	Không	Không	Không
29	M	35	700	4	36	565	135	Không	Không	Không
30	C	35	720	4	35	570	150	Không	Không	Không
31	C	35	710	6	38	581	129	Không	Không	Không
32	C	35	690	3	37	541	149	Không	Không	Không
33	C	35	720	4	32	520	200	Không	Không	Không
34	C	<u>7</u>	700	5	36	547	153	Không	Không	Không
35	C	35	<u>540</u>	5	38	498	42	Không	Không	Không
36	M	35	<u>790</u>	4	36	637	153	Không	Không	Không
37	M	35	700	<u>0</u>	30	541	159	Không	Không	Không
38	M	35	670	<u>15</u>	48	542	128	Không	Không	Không
39	M	35	680	5	<u>6</u>	543	137	Không	Không	Không
40	M	35	600	6	40	<u>350</u>	250	Không	Không	Không
41	M	35	720	4	40	<u>680</u>	40	Không	Không	Không
42	M	35	720	3	34	460	<u>260</u>	Không	Không	Không
43	M	35	600	2	38	600	<u>0</u>	Không	Không	Không
44	M	35	720	3	36	644	76	Không	<u>860</u>	Không

Sau đó, ở mỗi trong số các tấm thép (các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 1 đến số 17 và từ số 22 đến số 43, các tấm thép cán nóng được xử lý nhiệt theo các thử nghiệm từ số 18 đến 20, và số 44, và các tấm thép cán nguội được xử lý nhiệt theo thử nghiệm số 21), các phần kết cấu (các tỷ lệ diện tích) của ferit, bainit, mactensit, và peclit và tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° được thu được bằng các phương pháp sau đây. Các kết quả của chúng được minh họa trong bảng 7 và bảng 8. Trường hợp mà mactensit và/hoặc peclit được bao gồm được mô tả trong cột "TỶ LỆ DIỆN TÍCH BAINIT" trong bảng trong dấu ngoặc. Mỗi phần gạch chân trong bảng 8 chỉ ra rằng

giá trị bằng số của nó nằm ngoài phạm vi theo sáng chế.

Các phân kết cấu (các tỷ lệ diện tích) của ferit, bainit, mactensit, và peclit

Đầu tiên, mẫu được lấy từ tấm thép được ăn mòn bằng dung dịch nital. Sau khi ăn mòn, ảnh kết cấu thu được ở vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm trong trường nhìn $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được đưa đi phân tích ảnh bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích ảnh này, tỷ lệ diện tích của ferit, tỷ lệ diện tích của peclit, và tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit được thu được. Tiếp theo, mẫu được ăn mòn bằng LePera được sử dụng, và ảnh kết cấu thu được ở vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm trong trường nhìn $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được đưa đi phân tích ảnh bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích ảnh này, tổng tỷ lệ diện tích của austenit còn lại và mactensit được thu được. Ngoài ra, mẫu thu được bằng cách mài bề mặt đến độ sâu 1/4 chiều dày tấm từ hướng pháp tuyến với bề mặt được cán được sử dụng, và phần thể tích của austenit còn lại được thu được qua phép đo nhiễu xạ tia X. Phần thể tích của austenit còn lại tương đương với tỷ lệ diện tích, và do đó được đặt làm tỷ lệ diện tích của austenit còn lại. Sau đó, tỷ lệ diện tích của mactensit được thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của austenit còn lại khỏi tổng tỷ lệ diện tích của austenit còn lại và mactensit, và tỷ lệ diện tích của bainit được thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của mactensit khỏi tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit. Theo cách này, tỷ lệ diện tích của mỗi trong số ferit, bainit, mactensit, austenit còn lại, và peclit được thu được.

Tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14°

Tại vị trí có độ sâu 1/4 chiều dày tấm tính từ bề mặt của tấm thép (vị trí 1/4t) ở mặt cắt ngang theo chiều thẳng đứng với chiều cán, vùng có kích thước $200\mu\text{m}$ theo chiều cán và $100\mu\text{m}$ theo chiều pháp tuyến với bề mặt được cán được đưa đi phân tích EBSD ở bước đo $0,2\mu\text{m}$ để thu được thông tin định hướng tinh thể. Ở đây, phép phân tích EBSD được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị bao gồm kính hiển vi điện tử quét phát xạ nhiệt trường (JSM-7001F do JEOL Ltd. sản xuất) và máy dò EBSD (HIKARI detector do TSL Co., Ltd. sản xuất), với tốc độ phân tích nằm trong khoảng

từ 200 đến 300 điểm/giây. Tiếp theo, đối với thông tin định hướng tinh thể thu được, vùng có sự định hướng sai là 15° hoặc lớn hơn và đường kính tương đương hình tròn là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, sự định hướng sai nội hạt trung bình của các hạt tinh thể được tính toán, và tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được thu được. Hạt tinh thể được xác định như được mô tả ở trên và sự định hướng sai nội hạt trung bình được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm "OIM Analysis (nhãn hiệu đã đăng ký)" kèm theo máy phân tích EBSD.

Ở mỗi tấm thép (các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 1 đến số 17 và từ số 22 đến 43, các tấm thép cán nóng được xử lý nhiệt theo các thử nghiệm từ số 18 đến số 20, và số 44, và các tấm thép cán nguội được xử lý nhiệt theo thử nghiệm số 21), đường kính lớn nhất của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được đo bằng phương pháp sau đây. Ngoài ra, % thể tích của các hạt tinh thể cứng A và % thể tích của các hạt tinh thể mềm B được tính toán bằng cách sử dụng các giá trị đo thu được, để thu được % thể tích của các hạt tinh thể cứng A/(% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) (tỷ lệ thể tích A/(A + B)). Các kết quả được minh họa trong bảng 7 và bảng 8.

Đo đường kính lớn nhất của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn

Đường kính lớn nhất và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa hoặc các cụm trong các hạt tinh thể được đo như sau bằng cách sử dụng phương pháp quan sát bằng 3D-AP. Mẫu dạng thanh có kích thước $0,3\text{mm} \times 0,3\text{mm} \times 10\text{mm}$ được cắt ra từ tấm thép để đo và được gia công thành dạng hình kim bằng cách đánh bóng bằng điện để được đặt làm mẫu. Bằng cách sử dụng mẫu này, nửa triệu nguyên tử hoặc lớn hơn được đo bằng 3D-AP theo chiều bất kỳ trong hạt tinh thể và được hiển thị hóa bằng bản đồ ba chiều để được phân tích định lượng. Việc đo theo chiều bất kỳ này được thực hiện trên 10 hạt tinh thể hoặc nhiều hơn và đường kính lớn nhất của các chất kết tủa được bao gồm trong mỗi hạt tinh thể và sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa có

đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn (số các chất kết tủa trên thể tích vùng quan sát) được thu được là các giá trị trung bình. Về đường kính lớn nhất của các chất kết tủa trong hạt tinh thể, trong số các chất kết tủa mà mỗi chất trong đó có hình dạng rõ ràng, chiều dài thanh của mẫu dạng thanh, chiều dài đường chéo của mẫu dạng tấm, và đường kính của mẫu dạng hình cầu được đặt. Trong số các chất kết tủa, các cụm có kích thước nhỏ hơn đặc biệt không rõ ràng về hình dạng của chúng trong nhiều trường hợp, và do đó, các đường kính lớn nhất của các chất kết tủa và các cụm được xác định bằng phương pháp đo kích thước đặc biệt sử dụng sự bay hơi vì trường của kính hiển vi ion trường (FIM).

Ngoài ra, ngoài phương pháp đo được mô tả ở trên, phương pháp kính hiển vi ion trường (FIM) có thể mở rộng trường nhìn được sử dụng kết hợp. Phương pháp FIM là phương pháp đưa ra sự phân bố điện trường bề mặt hai chiều bằng cách sử dụng điện áp cao cho mẫu hình kim và đưa vào khí trơ. Mẫu có sự tương phản sáng hơn hoặc tối hơn so với chất nền ferit được đặt là các chất kết tủa. Sự bay hơi vì trường của một mặt phẳng nguyên tử cụ thể được thực hiện theo từng mặt phẳng nguyên tử để quan sát sự xuất hiện và biến mất của sự đối lập của các chất kết tủa, nhờ đó đánh giá kích thước của chất kết tủa theo chiều sâu.

Bảng 7

Thử nghiệm số	Tỷ lệ diện tích ferit (%)	Tỷ lệ diện tích bainit (%)	Thành phần của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt từ 5 đến 14°(%)	Sự tập trung vi hạt của các thành phần trong các hạt tinh thể A (vi hạt/cm ³)	Sự tập trung vi hạt của các thành phần trong các hạt tinh thể B (vi hạt/cm ³)	Tỷ lệ thể tích A/(A + B)	Ghi chú
1	40	60	50	6×10^{17}	7×10^{14}	0,75	Ví dụ theo sáng chế
2	51	49	70	2×10^{17}	4×10^{14}	0,63	Ví dụ theo sáng chế
3	13	87	60	6×10^{17}	4×10^{14}	0,52	Ví dụ theo sáng chế
4	19	81	63	8×10^{17}	4×10^{14}	0,57	Ví dụ theo sáng chế
5	58	42	33	2×10^{17}	5×10^{14}	0,63	Ví dụ theo sáng chế
6	15	85	42	2×10^{18}	3×10^{14}	0,65	Ví dụ theo sáng chế
7	55	45	53	5×10^{17}	7×10^{14}	0,66	Ví dụ theo sáng chế
8	60	40	73	7×10^{17}	2×10^{14}	0,69	Ví dụ theo sáng chế
9	30	70	68	2×10^{17}	7×10^{14}	0,57	Ví dụ theo sáng chế
10	40	60	71	5×10^{17}	5×10^{14}	0,72	Ví dụ theo sáng chế
11	19	81	48	6×10^{18}	7×10^{14}	0,75	Ví dụ theo sáng chế
12	48	52	72	5×10^{17}	7×10^{14}	0,63	Ví dụ theo sáng chế
13	32	68	52	5×10^{17}	2×10^{14}	0,60	Ví dụ theo sáng chế
14	55	45	56	2×10^{17}	5×10^{14}	0,63	Ví dụ theo sáng chế
15	60	40	80	3×10^{17}	4×10^{14}	0,66	Ví dụ theo sáng chế
16	17	83	74	2×10^{17}	3×10^{14}	0,57	Ví dụ theo sáng chế
17	64	36	75	2×10^{17}	2×10^{14}	0,72	Ví dụ theo sáng chế
18	53	47	70	3×10^{17}	5×10^{14}	0,66	Ví dụ theo sáng chế
19	70	30	70	2×10^{17}	2×10^{14}	0,66	Ví dụ theo sáng chế
20	36	64	60	5×10^{17}	6×10^{14}	0,53	Ví dụ theo sáng chế
21	40	60	73	2×10^{17}	6×10^{14}	0,55	Ví dụ theo sáng chế

Bảng 8

Thử nghiệm số	Tỷ lệ diện tích ferrit(%)	Tỷ lệ diện tích bainit (%)	Thành phần của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt từ 5 đến 14° (%)	Sự tập trung vi hạt của các thành phần trong các hạt tinh thể A (vi hạt/cm ³)	Sự tập trung vi hạt của các thành phần trong các hạt tinh thể B (vi hạt/cm ³)	Tỷ lệ thể tích A/(A + B)	Ghi chú
22	<u>0</u>	65 (28% peclit, còn lại là mactensit)	<u>11</u>	5×10^{17}	5×10^{14}	0,60	Ví dụ so sánh
23	<u>100</u>	<u>0</u>	<u>9</u>	2×10^{17}	4×10^{14}	0,63	Ví dụ so sánh
24	<u>2</u>	45 (còn lại là mactensit)	<u>15</u>	2×10^{17}	2×10^{14}	0,75	Ví dụ so sánh
25	67	33	27	$< 10^{14}$	$< 10^{14}$	-	Ví dụ so sánh
26	Vết nứt xuất hiện trong khi cán						Ví dụ so sánh
28	89	11	<u>7</u>	5×10^{17}	3×10^{14}	0,60	Ví dụ so sánh
29	79	21	<u>19</u>	2×10^{17}	4×10^{14}	0,63	Ví dụ so sánh
30	67	33	<u>3</u>	2×10^{17}	3×10^{14}	0,69	Ví dụ so sánh
31	14	86	<u>18</u>	3×10^{17}	2×10^{14}	0,66	Ví dụ so sánh
32	11	89	<u>13</u>	4×10^{17}	3×10^{14}	0,60	Ví dụ so sánh
33	23	77	<u>8</u>	2×10^{17}	4×10^{14}	0,69	Ví dụ so sánh
34	45	55	<u>18</u>	2×10^{17}	2×10^{14}	0,85	Ví dụ so sánh
35	<u>4</u>	<u>96</u>	<u>10</u>	Không đo được	5×10^{14}	<u>0,04</u>	Ví dụ so sánh
36	78	22	<u>17</u>	4×10^{17}	3×10^{14}	0,70	Ví dụ so sánh
37	<u>2</u>	<u>98</u>	<u>18</u>	3×10^{17}	3×10^{14}	<u>0,02</u>	Ví dụ so sánh
38	82	18	<u>13</u>	5×10^{17}	4×10^{14}	<u>0,97</u>	Ví dụ so sánh
39	69	31	<u>11</u>	5×10^{17}	4×10^{14}	0,55	Ví dụ so sánh
40	43	49	<u>12</u>	1×10^{17}	4×10^{14}	<u>0,05</u>	Ví dụ so sánh
41	78	22	<u>10</u>	4×10^{17}	5×10^{14}	<u>0,96</u>	Ví dụ so sánh
42	50	50	49	4×10^{17}	Không đo được	<u>0,96</u>	Ví dụ so sánh
43	92	8	55	1×10^{17}	Không đo được	<u>0,97</u>	Ví dụ so sánh
44	70	20 (còn lại là mactensit)	<u>10</u>	Không đo được	1×10^{12}	-	Ví dụ so sánh

Ở mỗi trong số các tấm thép cán nóng theo các thử nghiệm từ số 1 đến số 17 và từ số 22 đến số 43, các tấm thép cán nóng được xử lý nhiệt theo các thử nghiệm từ số 18 đến số 20, và số 44, và tấm thép cán nguội được xử lý nhiệt theo thử nghiệm số 21, trong thử nghiệm kéo, giới hạn chảy và độ bền kéo được thu được, và bằng thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa, chiều cao biểu mẫu giới hạn của mặt bích được thu được. Sau đó, tích của độ bền kéo (MPa) và chiều cao biểu mẫu giới hạn (mm) được đặt là chỉ số về khả năng uốn mép kéo giãn, và trường hợp mà tích này là $19500\text{mm} \cdot \text{MPa}$ hoặc lớn hơn được cho là có khả năng uốn mép kéo giãn tuyệt vời. Ngoài ra, trường hợp độ bền kéo (TS) là 480MPa hoặc lớn hơn được cho là có độ bền cao. Ngoài ra, trường hợp mà tích của ứng suất đàn hồi (YP) và độ dẻo (EL) là $10000\text{MPa} \cdot \%$ hoặc lớn hơn được cho là có sự cân bằng độ bền-độ dẻo tốt. Các kết quả được minh họa trong bảng 9 và bảng 10. Mỗi phần gạch chân trong bảng 10 chỉ ra rằng giá trị bằng số đó nằm ngoài phạm vi mong muốn.

Đối với thử nghiệm kéo, mẫu thử nghiệm kéo JIS số 5 được chọn từ chiều góc phải theo chiều cán, và mẫu thử nghiệm này được sử dụng để thực hiện thử nghiệm theo JISZ2241.

Thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa được thực hiện bằng cách sử dụng sản phẩm được tạo ra kiểu yên ngựa trong đó bán kính của đường cong R của góc được đặt là 60mm và góc mở θ được đặt là 120° và đặt khoảng hở tại thời điểm đục lỗ phần góc đến 11%. Chiều cao biểu mẫu giới hạn được đặt là chiều cao biểu mẫu giới hạn mà không tồn tại các vết nứt bằng cách quan sát bằng mắt thường dù có hay không vết nứt có chiều dài bằng 1/3 chiều dày tấm hoặc lớn hơn tồn tại sau khi tạo hình.

Bảng 9

Thử nghiệm số	Giới hạn chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Tổng độ giãn dài (%)	YP×EL (MPa · %)	Chỉ số khả năng uốn mép kéo giãn (mm · MPa)	Ghi chú
1	600	687	23	13500	20802	Ví dụ theo sáng chế
2	580	639	22	12760	22474	Ví dụ theo sáng chế
3	740	846	17	12580	21586	Ví dụ theo sáng chế
4	675	803	19	12817	22097	Ví dụ theo sáng chế
5	500	620	27	13500	19976	Ví dụ theo sáng chế
6	722	825	19	13716	20323	Ví dụ theo sáng chế
7	625	741	20	12502	20968	Ví dụ theo sáng chế
8	690	724	19	13110	22040	Ví dụ theo sáng chế
9	580	703	22	12760	22438	Ví dụ theo sáng chế
10	560	656	25	14000	21903	Ví dụ theo sáng chế
11	720	778	20	14400	20617	Ví dụ theo sáng chế
12	630	720	21	13230	22340	Ví dụ theo sáng chế
13	630	715	21	13230	21070	Ví dụ theo sáng chế
14	590	697	23	13570	21827	Ví dụ theo sáng chế
15	580	733	22	12760	22891	Ví dụ theo sáng chế
16	730	812	17	12410	22399	Ví dụ theo sáng chế
17	540	613	26	14040	22215	Ví dụ theo sáng chế
18	555	626	24	13320	22597	Ví dụ theo sáng chế
19	480	566	27	12960	22425	Ví dụ theo sáng chế
20	602	700	21	12642	23038	Ví dụ theo sáng chế
21	610	699	20	12200	25154	Ví dụ theo sáng chế

Bảng 10

Thử nghiệm số	Giới hạn chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Tổng độ giãn dài (%)	YP×EL (MPa·%)	Chỉ số khả năng uốn mép kéo giãn (mm · MPa)	Ghi chú
22	590	883	20	11800	<u>17430</u>	Ví dụ so sánh
23	600	667	28	16800	<u>18231</u>	Ví dụ so sánh
24	680	1026	16	10880	<u>10091</u>	Ví dụ so sánh
25	350	<u>460</u>	20	<u>7000</u>	<u>10898</u>	Ví dụ so sánh
26	Vết nứt xuất hiện trong khi cán					Ví dụ so sánh
28	900	980	15	13500	<u>7972</u>	Ví dụ so sánh
29	489	592	28	13692	<u>17414</u>	Ví dụ so sánh
30	673	743	20	13460	<u>17332</u>	Ví dụ so sánh
31	760	826	16	12160	<u>18581</u>	Ví dụ so sánh
32	772	848	17	13124	<u>18284</u>	Ví dụ so sánh
33	756	812	17	12852	<u>18417</u>	Ví dụ so sánh
34	759	803	17	12903	<u>18127</u>	Ví dụ so sánh
35	760	836	12	<u>9120</u>	<u>16371</u>	Ví dụ so sánh
36	559	669	22	12298	<u>17609</u>	Ví dụ so sánh
37	656	755	13	<u>8523</u>	<u>16365</u>	Ví dụ so sánh
38	710	765	13	<u>9226</u>	19607	Ví dụ so sánh
39	566	695	24	13584	<u>16949</u>	Ví dụ so sánh
40	598	774	14	<u>8372</u>	<u>19051</u>	Ví dụ so sánh
41	570	691	14	<u>7980</u>	<u>17606</u>	Ví dụ so sánh
42	605	668	13	<u>7859</u>	<u>14277</u>	Ví dụ so sánh
43	606	685	14	<u>8484</u>	<u>14632</u>	Ví dụ so sánh
44	480	605	19	<u>9120</u>	<u>12994</u>	Ví dụ so sánh

Ở các ví dụ theo sáng chế (các thử nghiệm từ số 1 đến số 21), độ bền kéo là 480MPa hoặc lớn hơn, tích của độ bền kéo và chiều cao biểu mẫu giới hạn trong thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa là 19500mm · MPa hoặc lớn hơn, và tích của ứng suất đàn hồi và độ dẻo là 10000MPa · % hoặc lớn hơn được thu được.

Mỗi trong số các thử nghiệm từ số 22 đến số 28 là một ví dụ so sánh trong đó thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi theo sáng chế. Ở các thử nghiệm từ số 22 đến số 24 và thử nghiệm số 28, chỉ số khả năng uốn mép kéo giãn không phù hợp với giá trị đích. Ở thử nghiệm số 25, tổng lượng của Ti và Nb là nhỏ, và do đó khả năng uốn mép kéo giãn và tích của ứng suất đàn hồi (YP) và độ dẻo (EL) không thỏa mãn các giá trị đích. Ở thử nghiệm số 26, tổng lượng của Ti và Nb là lớn, và do đó khả năng gia công bị hư hại và các vết nứt xuất hiện trong khi cán.

Mỗi trong số các thử nghiệm từ số 28 đến 44 là một ví dụ so sánh trong đó các điều kiện sản xuất nằm ngoài phạm vi mong muốn, và do đó một hoặc nhiều kết cấu được quan sát bằng kính hiển vi quang học, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14°, sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể cứng A, sự tập trung vi hạt của các chất kết tủa trong các hạt tinh thể mềm B, và tỷ lệ thể tích { % thể tích của các hạt tinh thể cứng A / (% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) không thỏa mãn phạm vi theo sáng chế. Ở các thử nghiệm từ số 29 đến số 41 và thử nghiệm số 44, tỷ lệ các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5 đến 14° là nhỏ, và do đó tích của ứng suất đàn hồi (YP) và độ dẻo (EL) và/hoặc chỉ số về khả năng uốn mép kéo giãn không thỏa mãn các giá trị đích/giá trị đích. Ở các thử nghiệm từ số 42 đến số 43, tỷ lệ thể tích { A / (A + B) } là lớn, và do đó tích của ứng suất đàn hồi (YP) và độ dẻo (EL) và chỉ số về khả năng uốn mép kéo giãn không thỏa mãn các giá trị đích.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép có độ bền cao, có độ dẻo và khả năng uốn mép kéo giãn tốt, và có ứng suất đàn hồi cao. Tấm thép theo sáng chế là có thể ứng dụng được cho bộ phận được yêu cầu có khả năng uốn mép kéo giãn khắt khe trong khi có độ bền cao. Tấm thép theo sáng chế là vật liệu thích hợp để làm giảm trọng lượng đạt được bằng cách làm mỏng các bộ phận của xe ô tô và góp phần cải thiện hiệu suất nhiên liệu, v.v., của xe ô tô, và do đó có khả năng ứng dụng trong công nghiệp cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ**1. Tấm thép bao gồm:**

thành phần hóa học bao gồm các nguyên tố sau được tính theo % khối lượng:

C: nằm trong khoảng từ 0,008 đến 0,150%,

Si: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,70%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,60 đến 2,50%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,010 đến 0,60%,

Ti: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%,

Nb: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,200%,

Ti + Nb: nằm trong khoảng từ 0,015 đến 0,200%,

Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%,

B: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%,

Mo: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%,

Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

REM: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Ca: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

Zr: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,05%,

P: 0,05% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,0200% hoặc nhỏ hơn,

N: 0,0060% hoặc nhỏ hơn, và

còn lại: Fe và các tạp chất; và

kết cấu bao gồm các thành phần sau, tính theo tỷ lệ diện tích:

ferit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%, và

bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 95%, trong đó:

khi vùng mà được bao quanh bởi biên hạt có sự định hướng sai là 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn là $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ của các hạt tinh thể mà mỗi hạt có sự định hướng sai nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° so với tất cả các hạt tinh thể nằm trong khoảng từ 20 đến 100% tính theo tỷ lệ diện tích, và

các hạt tinh thể cứng A trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt nằm trong khoảng từ 1×10^{16} đến 1×10^{19} vi hạt/ cm^3 và các hạt tinh thể mềm B trong đó các chất kết tủa hoặc các cụm có đường kính lớn nhất là 8nm hoặc nhỏ hơn được phân tán trong các hạt tinh thể với sự tập trung vi hạt là 1×10^{15} vi hạt/ cm^3 hoặc nhỏ hơn được bao gồm, và % thể tích của các hạt tinh thể cứng A/(% thể tích của các hạt tinh thể cứng A + % thể tích của các hạt tinh thể mềm B) nằm trong khoảng từ 0,1 đến 0,9.

2. Tấm thép theo điểm 1, trong đó:

độ bền kéo là 480MPa hoặc lớn hơn,

tích của độ bền kéo và chiều cao biểu mẫu giới hạn trong thử nghiệm kéo giãn-uốn mép kiểu yên ngựa là 19500mm • MPa hoặc lớn hơn, và

tích của ứng suất đàn hồi và độ dẻo là 10000MPa • % hoặc lớn hơn.

3. Tấm thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

thành phần hóa học bao gồm một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Cr: nằm trong khoảng từ 0,05 đến 1,0%, và

B: nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,10%.

4. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó:

thành phần hóa học bao gồm một hoặc nhiều loại được chọn từ nhóm bao gồm các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Mo: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,0%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0,01 đến 2,0%, và

Ni: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 2,0%.

5. Tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó:

thành phần hóa học bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Ca: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%,

Zr: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%, và

REM: nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,05%.

6. Tấm thép được mạ, trong đó lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.

7. Tấm thép được mạ theo điểm 6, trong đó lớp mạ là lớp mạ kẽm nhúng nóng.

8. Tấm thép được mạ theo điểm 6, trong đó lớp mạ là lớp mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa.

Fig.1A

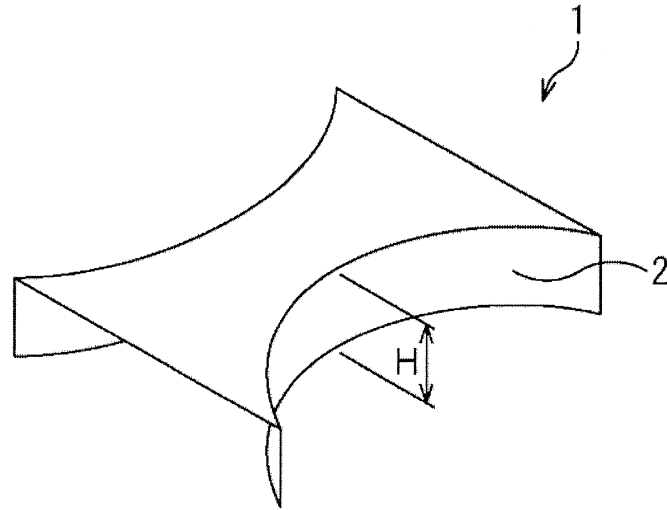


Fig.1B

