



(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)



1-0038544

(51)⁸ C22C 38/00; C22C 38/58; C21D 9/46

(13) B

(21) 1-2019-00587

(22) 04/08/2017

(86) PCT/JP2017/028477 04/08/2017

(87) WO 2018/026014 A1 08/02/2018

(30) 2016-155100 05/08/2016 JP

(45) 25/01/2024 430

(43) 25/07/2019 376A

(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 cấu trúc được biểu thị theo tỷ lệ diện tích, ferit: 30 đến 95% và bainit: 5 đến 70%. Khi vùng được bao quanh bởi ranh giới hạt có độ sai lệch định hướng 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 các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể là từ 20 đến 100% theo tỷ lệ diện tích. Tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc tương đương hình elip với các hạt tinh thể là 5 hoặc ít hơn. Mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit là 10 cacbua/μm hoặc ít hơn. 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

Thời gian gần đây, việc giảm trọng lượng các bộ phận khác nhau nhằm mục đích cải thiện hiệu quả nhiên liệu của ô tô được yêu cầu. Đáp ứng nhu cầu này, việc làm mỏng thu được bằng cách tăng độ bền của tấm thép để sử dụng trong các bộ phận khác nhau và ứng dụng kim loại nhẹ như hợp kim nhôm vào các bộ phận khác nhau được thực hiện. Các kim loại nhẹ như hợp kim nhôm có độ bền riêng cao hơn khi so sánh với các kim loại nặng như thép. Tuy nhiên, kim loại nhẹ lại đắt hơn đáng kể khi so sánh với kim loại nặng. Do đó, việc ứng dụng kim loại nhẹ như hợp kim nhôm được giới hạn với các cách sử dụng đặc biệt. Do vậy, việc làm mỏng thu được bằng cách tăng độ bền của tấm thép đã được yêu cầu nhằm làm giảm trọng lượng của các bộ phận khác nhau với giá thành rẻ hơn và trên quy mô lớn hơn.

Tấm thép được sử dụng cho các bộ phận khác nhau của ô tô được yêu cầu để không chỉ có độ bền mà còn có các tính chất vật liệu khác như độ dẻo, khả năng uốn mép kéo căng, khả năng mài dũa, độ bền mỏi, khả năng chống va đập, và chống ăn mòn theo công dụng của bộ phận. Tuy nhiên, khi tấm thép được tăng cường độ bền, các tính chất vật liệu như khả năng tạo hình (khả năng gia công) thường giảm đi. Do đó, trong quá trình phát triển của tấm thép độ bền cao, điều quan trọng là thu được cả các tính chất vật liệu này và độ bền.

Cụ thể, khi tấm thép được sử dụng để sản xuất bộ phận có hình dạng phức tạp, ví dụ, các công đoạn sau đây được thực hiện. Các tấm thép được đưa vào để cắt hoặc đục lỗ, và sau đó phải cắt dập hoặc tạo lỗ, và sau đó được đưa vào để ép tạo hình dựa trên khả năng uốn mép kéo căng và chủ yếu là khả năng mài dũa hoặc làm phẳng. Việc tấm thép trải qua các công đoạn như vậy là cần thiết để có được khả năng uốn mép kéo căng và độ dẻo tốt.

Trong tài liệu sáng chế 1, được mô tả tấm thép cán nóng độ bền cao xuất sắc về độ dẻo, khả năng uốn mép kéo căng, và tính đồng nhất của vật liệu mà có cấu trúc vi mô

thép có tỷ lệ pha ferit là 95% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích và trong đó đường kính hạt trung bình của cacbua Ti được kết tủa trong thép là 10 nm hoặc ít hơn. Tuy nhiên, trong trường hợp độ bền là 480MPa hoặc lớn hơn được đảm bảo trong tấm thép được bộc lộ trong Tài liệu sáng chế 1, với tỷ lệ pha ferit mềm là 95% hoặc lớn hơn, không thể có đủ độ dẻo.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép cán nóng độ bền cao xuất sắc về khả năng uốn mép kéo căng và độ bền mỏi mà chứa Ce oxit, La oxit, Ti oxit, và tạp chất Al_2O_3 . Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 2 mô tả tấm thép cán nóng độ bền cao trong đó tỷ lệ diện tích pha bainitic ferit là từ 80 đến 100%. Hơn nữa, Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép cán nóng độ bền cao có sự thay đổi độ bền giảm và có độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ xuất sắc trong đó tổng tỷ lệ diện tích của pha ferit và pha bainit và giá trị tuyệt đối của mức chênh lệch độ cứng Vickers giữa pha ferit và pha thứ hai được xác định.

Trong các Tài liệu sáng chế từ 4 đến 7, được đề xuất kỹ thuật để cải thiện vết nứt gãy và độ bền mỏi của phần đục lỗ trong tấm thép trong đó các nguyên tố tạo hình cacbua như Ti, Nb, và V được thêm vào. Trong tài liệu sáng chế 8 đến 10, được đề xuất kỹ thuật cải thiện vết nứt gãy và độ bền mỏi của phần đục lỗ bằng cách sử dụng B trong tấm thép trong đó các nguyên tố tạo hình cacbua như Ti, Nb, và V được thêm vào. Tài liệu sáng chế 11 mô tả tấm thép cán nóng độ bền cao xuất sắc về độ giãn dài, khả năng uốn mép kéo căng, và độ bền mỏi mà có cấu trúc chủ yếu bao gồm ferit và bainit và trong đó các kích cỡ hạt và tỷ lệ kết tủa trong ferit và hình dạng của bainit được kiểm soát. Trong tài liệu sáng chế 12 đề xuất kỹ thuật để cải thiện các khiếm khuyết bề mặt và năng suất trong bước đúc liên tục trong tấm thép trong đó các nguyên tố tạo hình cacbua như Ti, Nb và V được thêm vào.

Khi tấm thép độ bền cao thông thường được tạo hình bằng cách ép trong gia công nguội, nứt gãy đôi khi xảy ra ở mép của phần được đưa vào để uốn mép kéo căng trong quá trình tạo hình. Hiện tượng này có thể hiểu được vì sự biến cứng chỉ gia tăng ở phần mép do biến dạng xuất hiện ở phía đầu đục lỗ khi cắt dập.

Là phương pháp đánh giá thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng của tấm thép, thử nghiệm mở rộng lỗ được sử dụng. Tuy nhiên, trong thử nghiệm mở rộng lỗ, mẫu thử dẫn đến hiện tượng nứt gãy trong trạng thái trong đó phân bố biến dạng theo hướng chu

vi ít khi tồn tại. Ngược lại với điều này, khi tấm thép được gia công thành hình dạng bộ phận thực tế, có sự phân bố biến dạng. Sự phân bố biến dạng ảnh hưởng đến giới hạn nứt gãy của bộ phận. Do đó, được ước tính rằng ngay cả với tấm thép độ bền cao mà thể hiện khả năng uốn mép kéo căng đầy đủ trong thử nghiệm mở rộng lỗ, thực hiện việc ép nguội đôi khi gây ra hiện tượng nứt gãy.

Các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 bộc lộ kỹ thuật để cải thiện tính chất vật liệu bằng cách tạo các cấu trúc. Tuy nhiên, không rõ liệu có thể bảo đảm đủ khả năng uốn mép kéo căng ngay cả trong trường hợp phân bố biến dạng được xét đến trong các tấm thép được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1 đến 3. Hơn nữa, các tấm thép độ bền cao thông thường không phải là loại mà có khả năng uốn mép kéo căng xuất sắc và có cả kim loại nền lẫn phần đục lỗ đều có độ bền mỗi tốt.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

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

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2005-256115

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2011-140671

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2002-161340

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2002-317246

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2003-342684

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2004-250749

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2004-315857

Tài liệu sáng chế 9: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2005-298924

Tài liệu sáng chế 10: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2008-266726

Tài liệu sáng chế 11: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2007-9322

Tài liệu sáng chế 12: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số 2007-138238

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần giải quyết

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép và tấm thép được mạ mà có độ bền cao, có khả năng uốn mép kéo căng xuất sắc, và cả kim loại nền và phần đục lỗ đều có độ bền mỗi tốt.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Theo các phát hiện thông thường, việc cải thiện khả năng uốn mép kéo căng (mở rộng lỗ) trong tấm thép độ bền cao được thực hiện bằng cách kiểm soát tạp chất, đồng nhất hóa cấu trúc, thống nhất cấu trúc, và/hoặc giảm sự chênh lệch độ cứng giữa các cấu trúc, như được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1 đến 3. Nói cách khác, thông thường, việc cải thiện khả năng uốn mép kéo căng thu được bằng cách kiểm soát cấu trúc được quan sát dưới kính hiển vi quang học.

Tuy nhiên, là khó để cải thiện khả năng uốn mép kéo căng với sự xuất hiện của phân bố biến dạng thậm chí là khi chỉ có cấu trúc quan sát được dưới kính hiển vi quang học được kiểm soát. Do đó, các tác giả sáng chế thực hiện nghiên cứu chuyên sâu bằng cách tập trung vào sự sai lệch định hướng nội hạt của từng hạt tinh thể. Kết quả là, họ phát hiện ra rằng có thể cải thiện đáng kể khả năng uốn mép kéo căng bằng cách kiểm soát tỷ lệ mỗi hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng trong hạt tinh thể từ 5 đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể ở mức từ 20 đến 100%.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng có thể thu được độ bền mỗi tốt trong kim loại nền và phần đục lỗ và ngăn ngừa thiệt hại đi kèm với những bất thường

ở phía đầu đục lỗ bằng cách thiết lập tỷ lệ co trung bình của các hạt tinh thể và mật độ của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt là 20 nm hoặc lớn hơn trên các ranh giới hạt ferit nằm trong các phạm vi cụ thể.

Sáng chế được hoàn thành là kết quả của việc các tác giả sáng chế thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu lặp lại dựa trên những phát hiện mới liên quan đến tỷ lệ được mô tả ở trên của mỗi hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng từ 5 đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể và những phát hiện mới liên quan đến tỷ lệ co trung bình của các hạt tinh thể và mật độ của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi trong số đó có kích thước hạt là 20 nm hoặc lớn hơn trên các ranh giới hạt ferit.

Nội dung chính của sáng chế như sau.

Tấm thép, bao gồm:

thành phần hóa học được thể hiện, 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 ít hơn,

S: 0,0200% hoặc ít hơn,

N: 0,0060% hoặc ít hơn, và

phần còn lại: Fe và tạp chất; và

cấu trúc được thể hiện, theo tỷ lệ diện tích,

ferit: nằm trong khoảng từ 30 đến 95%, và

bainit: nằm trong khoảng từ 5 đến 70%, trong đó:

khí vùng mà được bao quanh bởi ranh giới hạt có độ sai lệch định hướng là 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ các hạt tinh thể trong đó mỗi hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng nội hạt là 5° đến 14° trên tổng số tất cả các hạt tinh thể là từ 20 đến 100% theo tỷ lệ diện tích.

Tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể là 5 hoặc ít hơn, và

mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt 20 nm hoặc lớn hơn trên các ranh giới hạt ferit là 10 cacbua/ μm hoặc ít hơn.

(2)

Tấm thép theo mục (1), trong đó

độ bền kéo là 480MPa hoặc lớn hơn,

tích số của độ bền kéo và độ cao tạo hình giới hạn trong thử nghiệm uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa là $19500\text{mm} \cdot \text{MPa}$ hoặc lớn hơn, và

tỷ lệ gãy giòn của bề mặt nứt gãy được đục lỗ nhỏ hơn 20%.

(3)

Tấm thép theo mục (1) hoặc (2), trong đó

thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố 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 mục bất kỳ trong số từ (1) đến (3), trong đó

thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố 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 mục bất kỳ trong số từ (1) đến (4), trong đó

thành phần hóa học chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều nguyên tố 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 mục bất kỳ trong số từ (1) đến (5).

(7)

Tấm thép được mạ theo mục (6), trong đó

lớp mạ là lớp mạ nhúng nóng.

(8)

Tấm thép được mạ theo mục (6), trong đó

lớp mạ là lớp mạ kẽm hợp kim nhúng nóng.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo sáng chế, có thể đề xuất tấm thép có độ bền cao, khả năng uốn mép kéo căng xuất sắc, và có kim loại nền và phân đục lỗ mà mỗi thành phần này đều có độ bền mỗi tốt. Tấm thép theo sáng chế có thể ứng dụng cho bộ phận được yêu cầu khả năng uốn mép kéo căng nghiêm ngặt và kim loại nền và phân đục lỗ mà mỗi thành phần này đều có độ bền mỗi tốt trong khi vẫn có độ bền cao, và có thể ngăn ngừa thiệt hại đi kèm với các bất thường ở phía đầu đục lỗ ngay cả khi việc đục lỗ được thực hiện trong các điều kiện làm việc nghiêm ngặt bằng cách sử dụng kéo cắt hoặc đục lỗ với khe hở nhỏ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1A là hình vẽ phối cảnh minh họa sản phẩm được tạo hình kiểu yên ngựa được sử dụng cho phương pháp thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa.

Fig.1B là hình chiếu minh họa sản phẩm được tạo hình kiểu yên ngựa sử dụng cho phương pháp thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa.

Fig.2 là hình vẽ phối cảnh minh họa phương pháp tính tỷ lệ co trung bình của hạt tinh thể.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

[Thành phần hóa học]

Đầu tiên, giải thích về thành phần hóa học của tấm thép theo sáng chế. Trong phần giải thích sau đây, “%” là đơn vị hàm lượng của mỗi nguyên tố có trong tấm thép, nghĩa là “% khối lượng” trừ khi có quy định khác. Tấm thép theo phương án này có thành phần hóa học được thể hiện bởi 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: nằm trong khoảng từ 0,05% hoặc ít hơn, S: nằm trong khoảng từ 0,0200% hoặc ít hơn, N: nằm trong khoảng từ 0,0060% hoặc ít hơn, và phần còn lại: Fe và tạp chất. Các ví dụ về các tạp chất bao gồm thành phần có trong các nguyên liệu thô như quặng và phế liệu, và một phần trong quy trình sản xuất.

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

C liên kết với Nb, Ti, và v.v. để tạo kết tủa trong tấm thép và góp phần cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường kết tủa. Khi hàm lượng C là nhỏ hơn 0,008% thì không đủ để thu được hiệu quả này. Do đó, hàm lượng C được thiết lập ở mức 0,008% hoặc lớn hơn. Hàm lượng C tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,010% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,0180% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng C là lớn hơn 0,150%, độ trải rộng định hướng trong bainit có khả năng tăng lên và tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi. Hơn nữa, khi hàm lượng C lớn hơn 0,150%, sắt cacbua có hại cho khả năng uốn mép kéo căng tăng lên và khả năng uốn mép kéo căng giảm. Do đó, hàm lượng C được thiết lập ở mức 0,150% hoặc ít hơn. Hàm lượng C tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,100% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,090% hoặc ít hơn.

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

Si có chức năng như chất khử oxy cho thép nóng chảy. Khi hàm lượng Si nhỏ hơn 0,01%, là không thể đủ để thu được hiệu quả này. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập ở mức 0,01% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,02% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa nên được thiết lập ở mức 0,03% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Si lớn hơn 1,70%, khả năng uốn mép kéo căng giảm hoặc các vết nứt gãy trên bề mặt xuất hiện. Hơn nữa, khi hàm lượng Si lớn hơn 1,70%, điểm biến đổi tăng quá nhiều, do đó đòi hỏi phải tăng nhiệt độ cán. Trong trường hợp này, sự kết tinh trong quá trình cán nóng được thúc đẩy đáng kể và tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ

sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° trở nên ít đi. Hơn nữa, khi hàm lượng Si lớn hơn 1,70%, các vết nứt gãy bề mặt có thể xuất hiện khi lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập ở mức 1,70% hoặc ít hơn. Hàm Lượng Si tốt hơn là được thiết lập ở mức 1,60% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là thiết lập ở mức 1,50% hoặc ít hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 1,40% hoặc ít hơn.

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

Mn góp phần cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn hoặc cải thiện độ cứng của thép. Khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,60% là không thể đủ để thu được hiệu quả này. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập ở mức 0,60% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,70% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,80% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Mn lớn hơn 2,50%, độ cứng trở nên quá mức và độ trải rộng định hướng của bainit tăng. Kết quả là, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ $5-14^\circ$ trở nên ít đi và khả năng uốn mép kéo căng giảm. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập ở mức 2,50% hoặc ít hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là được thiết lập ở mức 2,30% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 2,10% hoặc ít hơn.

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

Al có hiệu quả như chất khử oxy cho thép nóng chảy. Khi hàm lượng Al nhỏ hơn 0,010%, là không thể đủ để thu được hiệu quả này. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập ở mức 0,010% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,020% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,030% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Al lớn hơn 0,60%, độ chịu hàn, độ cứng, và v.v. thấp đi. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập ở mức 0,60% hoặc ít hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,5% hoặc ít hơn và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,40% hoặc ít 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 mịn trong thép dưới dạng cacbua (TiC , NbC) và cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường kết tủa. Hơn nữa, Ti và Nb tạo ra cacbua để từ đó cố định C, dẫn đến việc sản sinh ra sắt cacbua có hại cho khả năng uốn mép kéo căng được ngăn

chặn. Hơn nữa, Ti và Nb có thể cải thiện đáng kể tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° và cải thiện khả năng uốn mép kéo căng trong khi cải thiện độ bền của thép. Khi tổng hàm lượng Ti và Nb nhỏ hơn 0,015%, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi và khả năng uốn mép kéo căng giảm. Do đó, tổng hàm lượng Ti và Nb được thiết lập ở mức 0,015% hoặc lớn hơn. Tổng hàm lượng Ti và Nb tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,018% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, hàm lượng Ti tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,015% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là thiết lập ở mức 0,020% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là thiết lập ở mức 0,025% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, hàm lượng Nb tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,015% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,020% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,025% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tổng hàm lượng Ti và Nb lớn hơn 0,200%, độ dẻo và khả năng gia công giảm đi và tần suất nứt gãy trong quá trình cán tăng. Do đó, tổng hàm lượng của Ti và Nb được thiết lập ở mức 0,200% hoặc ít hơn. Tổng hàm lượng của Ti và Nb tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,150% hoặc ít hơn. Hơn nữa, khi hàm lượng Ti lớn hơn 0,200%, độ dẻo giảm. Do đó, hàm lượng Ti được thiết lập ở mức 0,200% hoặc ít hơn. Hàm lượng Ti tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,180% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,160% hoặc ít hơn. Hơn nữa, khi hàm lượng Nb lớn hơn 0,200%, độ dẻo giảm. Do đó, hàm lượng Nb được thiết lập ở mức 0,200% hoặc ít hơn. Hàm lượng Nb tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,180% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa khi được thiết lập ở mức 0,160% hoặc ít hơn.

“P: nằm trong khoảng từ 0,05% hoặc ít hơn”

P là tạp chất. P làm giảm độ cứng, độ dẻo, độ chịu hàn, v.v. và do đó, hàm lượng P thấp sẽ tốt hơn. Khi hàm lượng P lớn hơn 0,05%, sự giảm khả năng uốn mép kéo căng xảy ra rõ rệt. Do đó, hàm lượng P được thiết lập ở mức 0,05% hoặc ít hơn. Hàm lượng P tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,03% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,02% hoặc ít hơn. Giới hạn thấp hơn của hàm lượng P không được xác định cách cụ thể, nhưng việc giảm hàm lượng xuống mức quá thấp không phải là điều mong đợi xét trên quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, hàm lượng P có thể được thiết lập ở mức 0,005% hoặc lớn hơn.

“S: nằm trong khoảng từ 0,0200% hoặc ít hơn”

S là tạp chất. S gây ra vết nứt gãy tại thời điểm cán nóng, và còn tạo ra các tạp chất nền A làm giảm khả năng uốn mép kéo căng. Do đó, hàm lượng S thấp là thích hợp hơn. Khi hàm lượng S lớn hơn 0,0200%, sự suy giảm khả năng uốn mép kéo căng xảy ra rõ rệt. Do đó, hàm lượng S được thiết lập ở mức 0,0200% hoặc ít hơn. Hàm lượng S tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,0150% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,0060% hoặc ít hơn. Giới hạn thấp hơn của hàm lượng S không được xác định cụ thể nhưng việc giảm hàm lượng xuống mức quá thấp không phải là điều mong đợi xét trên quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, hàm lượng S có thể được thiết lập ở mức 0,0010% hoặc lớn hơn.

“N: nằm trong khoảng từ 0,0060% hoặc ít hơn”

N là tạp chất. N tạo ra kết tủa với Ti và Nb tốt hơn so với C và làm giảm hiệu quả của Ti và Nb trong việc cố định C. Do đó, hàm lượng N thấp hơn là thích hợp hơn. Khi hàm lượng N lớn hơn 0,0060%, sự suy giảm khả năng uốn mép kéo căng xảy ra rõ rệt. Do đó, hàm lượng N được thiết lập ở mức 0,0060% hoặc ít hơn. Hàm lượng N tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,005% hoặc ít hơn. Giới hạn thấp hơn của hàm lượng N không được xác định cụ thể, nhưng việc giảm hàm lượng xuống mức quá thấp không phải là điều mong đợi xét trên quan điểm về chi phí sản xuất. Do đó, hàm lượng N có thể được thiết lập ở mức 0,0010% hoặc lớn hơn.

Cr, B, Mo, Cu, Ni, Mg, REM, Ca, và Zr không phải là các nguyên tố thiết yếu, nhưng là các nguyên tố tùy chọn có thể cho vào tấm thép khi cần với hàm lượng được xác định trước.

“Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%”

Cr góp phần cải thiện độ bền của thép. Mục đích mong muốn là thu được độ cứng mà không cần có Cr, nhưng để đạt được đủ hiệu quả này, hàm lượng Cr tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,05% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Cr lớn hơn 1,0%, hiệu quả về độ bền được mô tả ở trên đã bão hòa và hiệu quả kinh tế giảm. Do đó, hàm lượng Cr được thiết lập ở mức 1,0% hoặc ít hơn.

“B: nằm trong khoảng từ 0 đến 0,10%”

B làm tăng độ cứng và tăng phần cấu trúc của pha tạo ra biến đổi nhiệt độ thấp là pha cứng. Mục đích mong muốn là thu được mà không cần có B, nhưng để thu được đủ hiệu quả này, hàm lượng B tốt nhất là được thiết lập ở mức 0,0005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng B lớn hơn 0,10%, hiệu quả được mô tả ở trên đã bão hòa và hiệu quả kinh tế giảm. Do đó, hàm lượng B được thiết lập ở mức 0,10% hoặc ít hơn.

“Mo: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%”

Mo cải thiện độ cứng, và đồng thời, có tác dụng tăng độ bền bằng cách tạo ra các cacbua. Mục đích mong muốn là thu được mà không chứa Mo, nhưng để thu được đủ hiệu quả này, tốt hơn là hàm lượng Mo được thiết lập ở mức 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Mo lớn hơn 1,0%, độ dẻo và độ chịu hàn đôi khi giảm. Do đó, hàm lượng Mo được thiết lập ở mức 1,0% hoặc ít hơn.

“Cu: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%”

Cu làm tăng độ bền của tấm thép, và đồng thời, cải thiện khả năng chống ăn mòn và loại bỏ các lớp gỉ. Mục đích mong muốn là thu được mà không chứa Cu, nhưng để thu được đủ hiệu quả này, hàm lượng Cu tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,01% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,04% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Cu lớn hơn 2,0%, đôi khi sai sót bề mặt xảy ra. Do đó, hàm lượng Cu được thiết lập ở mức 2,0% hoặc ít hơn và tốt hơn là được thiết lập ở mức 1,0% hoặc ít hơn.

“Ni: nằm trong khoảng từ 0 đến 2,0%”

Ni làm tăng độ bền của tấm thép, và đồng thời, cải thiện độ dẻo. Mục đích mong muốn là thu được mà không cần Ni, nhưng để thu được đủ hiệu quả này, hàm lượng Ni tốt hơn là được thiết lập ở mức 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Ni lớn hơn 2,0%, độ dẻo giảm. Do đó, hàm lượng Ni được thiết lập ở mức 2,0% hoặc ít 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 bền bằng cách kiểm soát hình dạng của sunfua và oxit. Mục đích mong muốn là thu được mà không có Ca, Mg, Zr và REM, nhưng để thu được đủ hiệu quả này, hàm lượng của một hoặc nhiều hơn các nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ca, Mg, Zr, và REM tốt hơn là được thiết lập ở mức

0,0001% hoặc lớn hơn và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 0,0005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Ca, Mg, Zr, hoặc REM lớn hơn 0,05%, khả năng uốn mép kéo căng giảm. Do đó, hàm lượng của mỗi Ca, Mg, Zr, và REM được thiết lập ở mức 0,05% hoặc ít hơn.

“Cấu trúc vi mô kim loại”

Tiếp theo, giải thích cấu trúc (cấu trúc vi mô kim loại) của tấm thép theo phương án của sáng chế. Trong phần giải thích sau đây, “%” là đơn vị của tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của mỗi cấu trúc nghĩa là “% diện tích” trừ khi được chỉ định khác. Tấm thép theo phương án này có cấu trúc được thể hiện bởi ferit: 30 đến 95% và bainit: 5 đến 70%.

“Ferit: 30 đến 95%”

Khi tỷ lệ diện tích của ferit nhỏ hơn 30%, là không thể thu được đủ độ bền mỏi. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit được thiết lập ở mức 30% hoặc lớn hơn, tốt hơn là được thiết lập ở mức 40% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 50% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 60% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tỷ lệ diện tích của ferit lớn hơn 95%, khả năng uốn mép kéo căng giảm hoặc trở nên khó thu được đủ độ bền. Do đó, tỷ lệ diện tích của ferit được thiết lập ở mức 95% hoặc ít hơn.

“Bainit: 5 đến 70%”

Khi tỷ lệ diện tích của bainit nhỏ hơn 5%, khả năng uốn mép kéo căng giảm. Do đó, tỷ lệ diện tích của bainit được thiết lập ở mức 5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tỷ lệ diện tích của bainit lớn hơn 70%, độ dẻo giảm. Do đó, tỷ lệ diện tích của bainit được thiết lập ở mức 70% hoặc ít hơn, tốt hơn là được thiết lập ở mức 60% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 50% hoặc ít hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 40% hoặc ít hơn.

Cấu trúc của tấm thép có thể chứa peclit hoặc mactensit hoặc cả hai nguyên tố. Peclit tốt cho độ bền mỏi và khả năng uốn mép kéo căng tương tự như bainit. Khi so sánh với peclit và bainit, bainit tốt cho độ bền mỏi của phần đục lỗ. Tỷ lệ diện tích của peclit tốt hơn là được thiết lập ở mức 0 đến 15%. Khi tỷ lệ diện tích của peclit nằm trong phạm vi này, có thể thu được tấm thép có phần đục lỗ với độ bền mỏi tốt hơn. Trong khi mactensit ảnh hưởng xấu đến khả năng uốn mép kéo căng, và do đó, tỷ lệ diện tích của

mactensit tốt hơn là được thiết lập ở mức 10% hoặc ít hơn. Tỷ lệ diện tích của cấu trúc khác với ferit, bainit, peclit, và mactensit tốt hơn là được thiết lập ở mức 10% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 5% hoặc ít hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 3% hoặc ít hơn.

Tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của mỗi cấu trúc có thể thu được bằng phương pháp sau. Đầu tiên, mẫu thử lấy từ tấm thép được khắc bằng dung dịch nital. Sau khi khắc, bức ảnh cấu trúc thu được ở vị trí độ sâu 1/4 so với độ dày của tấm thép trong trường nhìn bằng mắt thường $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được phân tích hình ảnh dưới kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích hình 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. Sau đó, mẫu thử khắc từ LePera được sử dụng và bức ảnh cấu trúc thu được ở vị trí độ sâu 1/4 so với độ dày của tấm thép trong trường nhìn bằng mắt thường $300\mu\text{m} \times 300\mu\text{m}$ được phân tích hình ảnh dưới kính hiển vi quang học. Bằng việc phân tích hình ảnh này, tổng tỷ lệ diện tích của austenit và mactensit được thu. Thêm nữa, mẫu thử thu được bằng cách mài bề mặt đến độ sâu bằng 1/4 so với độ dày của tấm thép từ hướng bình thường đến bề mặt cán được sử dụng, và tỷ lệ thể tích của austenit còn dư được thu thông qua phép đo nhiễu xạ tia X. Phần thể tích của austenit còn dư tương đương với tỷ lệ diện tích và do đó được thiết lập là tỷ lệ diện tích của austenit còn dư. Sau đó, tỷ lệ diện tích của mactensit được thu bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của austenit còn dư từ tổng tỷ lệ diện tích của austenit được thu và mactensit, và tỷ lệ diện tích của bainit được thu bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của mactensit từ tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit. Bằng cách này, có thể thu được tỷ lệ diện tích của từng loại ferit, bainit, mactensit, austenit còn dư, và peclit.

Trong tấm thép theo phương án này, trong trường hợp vùng được bao quanh bởi ranh giới hạt có độ sai lệch định hướng từ 15° hoặc lớn hơn và có đường kính tương đương hình tròn $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể là từ 20 đến 100% theo tỷ lệ diện tích. Độ sai lệch định hướng nội hạt được thu bằng cách sử dụng phương pháp nhiễu xạ tán xạ ngược electron (EBSD) thường được sử dụng để phân tích định hướng của tinh thể. Độ sai lệch định hướng nội hạt là giá trị trong trường hợp ranh giới hạt có độ sai lệch định hướng từ 15° hoặc lớn hơn được thiết lập là ranh giới hạt trong cấu trúc và vùng được bao quanh bởi ranh giới hạt này được xác định là

hạt tinh thể.

Các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° là hiệu quả trong việc thu được tấm thép có độ cân bằng giữa độ bền và khả năng gia công. Tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° được tăng lên, do đó có thể cải thiện tính khả năng uốn mép kéo căng trong khi duy trì độ bền mong muốn của tấm thép. Khi tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể là 20% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, độ bền và độ co giãn mong muốn của tấm thép có thể thu được. Không có vấn đề gì khi tỷ lệ các hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° ở mức cao, và do đó giới hạn trên là 100%.

Biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối của quá trình cán hoàn thiện được kiểm soát và được mô tả sau, và bởi vậy sự sai lệch định hướng tinh thể xảy ra trong các hạt ferit và bainit. Lý do cho điều này được giải thích như sau. Bằng việc kiểm soát biến dạng tích lũy, các vách ngăn lệch trong austenit tăng lên, các vách ngăn lệch được tạo ra trong hạt austenit với mật độ cao, và một vài khối ô được tạo ra. Các khối ô này có định hướng tinh thể khác nhau. Có thể hình dung rằng austenit mà có mật độ sai lệch cao và chứa các khối ô có định hướng tinh thể khác nhau được biến đổi, và do đó, ferit và bainit cũng có sự sai lệch định hướng tinh thể ngay cả trong cùng loại hạt và mật độ sai lệch cũng tăng lên. Do đó, sự sai lệch định hướng hạt được nhìn nhận tương quan với mật độ sai lệch mạng trong hạt tinh thể. Nhìn chung, sự gia tăng mật độ sai lệch mạng trong hạt giúp cải thiện độ cứng, nhưng làm giảm khả năng gia công. Tuy nhiên, mỗi hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng nội hạt được kiểm soát trong khoảng từ 5° đến 14° giúp cải thiện độ cứng mà không làm giảm khả năng gia công. Do đó, trong tấm thép theo phương pháp này, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° được thiết lập ở mức 20% hoặc lớn hơn. Các hạt tinh thể trong đó mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt dưới 5° cho khả năng gia công xuất sắc, nhưng gặp khó khăn trong việc tăng độ bền. Các hạt tinh thể, mỗi hạt độ sai lệch định hướng nội hạt lớn hơn 14° không góp phần cải thiện khả năng uốn mép kéo căng vì có sự chênh lệch về độ biến dạng giữa các hạt tinh thể.

Tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14°

có thể đo được bằng phương pháp sau. Đầu tiên, ở độ sâu 1/4 so với độ dày tính từ bề mặt của tấm thép (phần 1/4 t) theo mặt cắt dọc theo hướng cán, vùng có thông số 200 μm theo hướng cán và 100 μm theo hướng bình thường đối với bề mặt cán được phân tích theo kỹ thuật EBSD trong khoảng đo 0,2 μm để thu được thông tin về sự định hướng của tinh thể. Ở đây, phân tích EBSD được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị mà bao gồm kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (JSM-7001F do công ty JEOL Ltd. sản xuất) và máy dò EBSD (máy dò HIKARI do TSL Co., Ltd. sản xuất) tốc độ phân tích 200 đến 300 điểm/giây. Sau đó, liên quan đến thông tin về định hướng tinh thể thu được, vùng có độ sai lệch định hướng là 15° hoặc lớn hơn và đường kính tương đương hình tròn từ 0,3 μm hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, độ sai lệch định hướng nội hạt trung bình của các hạt tinh thể được tính toán và tỷ lệ của các hạt tinh thể có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° được thu. Hạt tinh thể được xác định như được mô tả ở trên và độ sai lệch định hướng nội hạt có thể được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm “Phân tích OIM (nhãn hiệu đã đăng ký)” đi kèm với máy phân tích EBSD.

“Độ sai lệch định hướng nội hạt” trong sáng chế này có nghĩa là “Độ trải rộng của định hướng hạt (GOS)” mà là độ trải rộng của định hướng trong hạt tinh thể. Giá trị của độ sai lệch định hướng nội hạt thu được là giá trị trung bình của độ sai lệch định hướng giữa hướng của tinh thể tham chiếu và tất cả các điểm đo trong cùng một hạt tinh thể như được mô tả trong “Phân tích sai lệch định hướng trong biến dạng dẻo của thép không gỉ bằng phương pháp nhiễu xạ tia EBS và phương pháp nhiễu xạ tia X” KIMURA Hidehiko, et al., tài liệu của Hiệp hội kỹ sư cơ khí Nhật Bản (loạt A), tập 71, số 712, 2005, tr. 1722-1728. Trong mô tả chi tiết này, hướng tinh thể tham chiếu là hướng thu được bằng cách lấy số trung bình của tất cả các điểm đo trong cùng một hạt tinh thể. Giá trị của GOS có thể được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm “Phân tích OIM (nhãn hiệu đã đăng ký) Phiên bản 7.0.1” đi kèm với máy phân tích EBSD.

Trong tấm thép theo phương án này, các tỷ lệ diện tích của các cấu trúc tương ứng được quan sát dưới kính hiển vi quang học như ferit và bainit và tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° không có mối liên hệ trực tiếp. Nói cách khác, ví dụ, ngay cả khi các tấm thép có cùng tỷ lệ diện tích ferit và cùng tỷ lệ diện tích bainit, không cần thiết là giống nhau ở tỷ lệ của các hạt tinh thể trong đó mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14°. Theo đó, không thể thu được

các tính chất tương đương với các tính chất 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.

Tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể trong cấu trúc tương quan với vết nứt của phía đầu đục lỗ hoặc việc xuất hiện của các điểm bất thường. Khi tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể vượt quá 5, vết nứt trở nên rõ rệt và vết nứt mới bắt đầu từ phần đục lỗ có khả năng xuất hiện. Do đó, tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể được thiết lập ở mức 5 hoặc ít hơn. Tỷ lệ co trung bình tốt hơn là được thiết lập ở mức 3,5 hoặc ít hơn. Điều này có thể giúp ngăn chặn sự xuất hiện của vết nứt ngay cả khi đục lỗ với áp lực mạnh hơn. Giới hạn thấp hơn của tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc elip tương đương với các hạt tinh thể không được giới hạn cụ thể, nhưng 1 tương đương với cấu trúc hình tròn là giới hạn thấp hơn cơ bản.

Ở đây, tỷ lệ co trung bình là giá trị thu được bằng cách quan sát cấu trúc của mặt cắt chữ L (mặt cắt song song với hướng cán), đo (chiều dài trục chính hình elip)/(chiều dài trục nhỏ hình elip) của 50 hạt tinh thể hoặc lớn hơn, và lấy trung bình các giá trị đo được. Một cách ngẫu nhiên, hạt tinh thể ở đây là hạt được bao quanh bởi ranh giới hạt có góc nghiêng cao với góc nghiêng ranh giới hạt 10° hoặc lớn hơn.

Khi các cacbua nền Ti hoặc cacbua nền Nb mịn tồn tại trên các ranh giới hạt ferit trong cấu trúc và các hạt tinh thể phẳng, độ gãy giòn của bề mặt đục lỗ tăng lên và độ bền mỏi giảm đi. Theo quan sát của các tác giả sáng chế, có thể thấy rằng các cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt 20 nm hoặc lớn hơn trong ranh giới hạt ferit có thể dẫn đến sự xuất hiện của các khoảng rỗng khi biến dạng tập trung, dẫn đến nguyên nhân của sự đứt gãy biên giới hạn. Khi các cacbua nền Ti và các cacbua nền Nb, mỗi cacbua có kích thước hạt 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit tồn tại vượt quá 10 cacbua trên $1\mu\text{m}$ độ dài ranh giới hạt xét trên mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua, tỷ lệ gãy giòn tăng gây ra sự suy giảm độ bền mỏi của bộ phận. Do đó, mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit được thiết lập ở mức 10 cacbua/ μm hoặc ít hơn và tốt hơn là được thiết lập ở mức 6 cacbua/ μm hoặc ít hơn. Mật độ phân bố trung bình ở mức thấp hơn của tổng số cacbua nền Ti và cacbua

nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit được ưu tiên hơn xét trên quan điểm ngăn chặn các bề mặt gãy giòn. Khi mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit là 0,1 cacbua/ μm hoặc ít hơn, bề mặt gãy giòn hầu như không xuất hiện. Một cách ngẫu nhiên, mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb trong ranh giới hạt ferit được tính toán bằng cách sử dụng kết quả thu được từ việc quan sát mẫu cắt của mặt cắt chữ L (mặt cắt ngang song song với hướng cán) bằng cách dùng kính hiển vi điện tử quét(SEM).

Hình dạng bề mặt nứt gãy của bề mặt nứt gãy được đục lỗ tương quan với sự không đồng đều của bề mặt nứt gãy được đục lỗ hoặc việc xuất hiện vết nứt siêu nhỏ và ảnh hưởng đến độ bền mỏi của bộ phận có phần đục lỗ. Khi tỷ lệ gãy giòn ở bề mặt nứt gãy từ 20% hoặc lớn hơn, sự không đồng đều trên bề mặt nứt gãy lan rộng và các vết vi nứt có thể xuất hiện, dẫn đến sự xuất hiện các vết nứt mới ở phần đục lỗ. Theo phương án này, tỷ lệ phần trăm gãy giòn dưới 20% thu được và tỷ lệ phần trăm gãy giòn từ 10% hoặc ít hơn thu được trong một số trường hợp. Phần trăm gãy giòn trên bề mặt nứt gãy là giá trị đo được bằng cách đục lỗ tấm thép mẫu bằng kéo hoặc máy đục lỗ trong điều kiện khe hở là từ 10 đến 15% độ dày của tấm thép và quan sát bề mặt vết nứt tạo ra.

Cấu trúc của tấm thép ảnh hưởng đến độ bền mỏi của phần đục lỗ thông qua tác động lên sự xuất hiện vết nứt trên bề mặt nứt gãy được đục lỗ hoặc sự phân bố ứng suất dư. Khi tỷ lệ mật độ ngẫu nhiên tia X của hướng $\{112\} \langle 110 \rangle$ và hướng $\{332\} \langle 113 \rangle$ của bề mặt tấm thép ở phần trung tâm tính theo chiều dày của tấm thép vượt quá 5, hiện tượng nứt ở bề mặt nứt gãy của phần đục lỗ xuất hiện trong một số trường hợp. Do đó, tỷ lệ mật độ ngẫu nhiên tia X của mỗi hướng được mô tả ở trên tốt hơn là được thiết lập ở mức 5 hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là thiết lập ở mức 4 hoặc ít hơn. Khi tỷ lệ mật độ ngẫu nhiên tia X của mỗi hướng được mô tả ở trên đạt mức 4 hoặc ít hơn, hiện tượng nứt gãy không dễ dàng xảy ra ngay cả khi việc đục lỗ được thực hiện bởi máy đục lỗ mài mòn được sử dụng trong quá trình sản xuất hàng loạt. Đối với tỷ lệ mật độ ngẫu nhiên tia X của mỗi hướng được mô tả ở trên, mức 1 hoàn toàn ngẫu nhiên là giới hạn thấp hơn cơ bản.

Theo phương án này, khả năng uốn mép kéo căng được đánh giá bằng phương

pháp kiểm tra khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa bằng cách sử dụng sản phẩm tạo hình kiểu yên ngựa. Fig.1A và fig.1B là các hình ảnh minh họa sản phẩm tạo hình kiểu yên ngựa được sử dụng cho phương pháp thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa theo phương án này, fig.1A là hình ảnh phối cảnh và fig.1B là hình ảnh sơ đồ. Trong phương pháp thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa, cụ thể, sản phẩm tạo hình kiểu yên ngựa 1 mô phỏng hình dạng uốn được tạo ra từ phần tuyến tính và phần vòng cung như minh họa trong fig.1A và fig.1B được ép, và khả năng uốn mép kéo căng được đánh giá bằng cách sử dụng chiều cao tạo hình giới hạn tại thời điểm đó. Trong phương pháp kiểm tra khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa theo phương án này, chiều cao tạo hình giới hạn H (mm) thu được khi khe hở tại thời điểm đục lỗ của phần góc 2 được thiết lập ở mức 11% được đo bằng cách sử dụng sản phẩm tạo hình yên ngựa 1 trong đó bán kính cong R của phần góc 2 được thiết lập ở mức 50 đến 60mm và góc mở θ của phần góc 2 được đặt ở mức 120° . Ở đây, khe hở cho thấy tỷ lệ khoảng cách giữa cối đục và chày và độ dày của mẫu thử. Trên thực tế, khe hở được xác định bởi sự kết hợp giữa thiết bị đục lỗ và độ dày của tấm, do đó có nghĩa là 11% thỏa mãn phạm vi từ 10,5 đến 11,5%. Đối với việc xác định chiều cao tạo hình giới hạn H, liệu có hay không vết nứt có chiều dài bằng 1/3 độ dày tấm hoặc lớn hơn xuất hiện được quan sát trực quan sau khi tạo hình, và sau đó chiều cao tạo hình giới hạn không có vết nứt gãy được xác định là giới hạn chiều cao tạo hình.

Trong thử nghiệm mở rộng lỗ thông thường được sử dụng làm phương pháp thử đi cùng với khả năng uốn mép kéo căng, tấm thép xuất hiện vết nứt với rất ít hoặc không có biến dạng phân bố theo hướng chu vi. Do đó, biến dạng và độ dốc ứng suất xung quanh phần bị nứt khác với các phần khác tại thời điểm tạo ra nếp uốn. Hơn nữa, trong thử nghiệm mở rộng lỗ, đánh giá được thực hiện tại thời điểm khi vết nứt xuất hiện xuyên dọc theo độ dày của tấm, hoặc tương tự, dẫn đến việc đánh giá phản ánh sự tạo ra nếp gấp ban đầu không được thực hiện. Mặt khác, trong thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa được sử dụng theo phương án này, khả năng uốn mép kéo căng xét trên phân bố biến dạng có thể đánh giá được, và do đó có thể đánh giá phản ánh việc tạo ra nếp uốn ban đầu.

Theo tấm thép theo phương án này, độ bền kéo 480MPa hoặc lớn hơn có thể thu được. Đó là, độ bền kéo xuất sắc có thể thu được. Giới hạn trên của độ bền kéo không

được hạn chế một cách cụ thể. Tuy nhiên, trong phạm vi nội dung của phương án này, giới hạn trên của độ bền kéo thực tế là khoảng 1180MPa. Độ bền kéo được đo bằng cách tạo mẫu thử số 5 được mô tả trong JIS-Z2201 và thực hiện thử nghiệm độ bền kéo theo phương pháp thử nghiệm được mô tả trong JIS-Z2241.

Theo tấm thép theo phương án này, tích số của độ bền kéo và chiều cao tạo hình giới hạn trong thử nghiệm uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa, mà là 19500mm · MPa hoặc lớn hơn, có thể thu được. Đó là, độ dẻo xuất sắc có thể thu được. Giới hạn trên của tích số này không được giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, trong phạm vi thành phần theo phương án này, giới hạn trên của tích số thực tế là khoảng 25000mm · MPa.

Theo tấm thép trong phương án này, tỷ lệ phần trăm gãy giòn dưới 20% và tỷ lệ giới hạn bền mỗi từ 0,4 hoặc lớn hơn có thể thu được. Đó là, có thể thu được độ bền mỗi xuất sắc trong kim loại nền và phần đục lỗ.

Tiếp theo, là phần giải thích về phương pháp sản xuất tấm thép theo phương án của sáng chế. Trong phương pháp này, các bước cán nóng, làm nguội bằng không khí, làm nguội lần thứ nhất, và làm nguội lần thứ hai được thực hiện theo trình tự này.

“Cán nóng”

Cán nóng bao gồm cán thô và cán hoàn thiện. Trong cán nóng, tấm (phôi thép) có thành phần hóa học như được mô tả ở trên được nung nóng để được cán thô. Nhiệt độ gia nhiệt của tấm phôi thép được tính theo đơn vị $SRT_{min}^{\circ C}$ được biểu thị bằng biểu thức (1) bên dưới hoặc cao hơn và với mức nhiệt $1260^{\circ C}$ hoặc ít 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 biểu thức (1) thể hiện hàm lượng của Ti, Nb, và C theo % khối lượng.

Khi nhiệt độ gia nhiệt của tấm nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ C}$, Ti và/hoặc Nb không được đưa vào dung dịch một cách đầy đủ. Khi Ti và/hoặc Nb không được đưa vào dung dịch tại thời điểm gia nhiệt tấm, việc tạo ra Ti và/hoặc Nb kết tủa với cacbua (TiC, NbC) và cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường kết tủa trở nên khó khăn. Hơn nữa, khi nhiệt độ gia nhiệt tấm nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ C}$, việc cố định C bằng cách tạo ra các cacbua

(TiC, NbC) để ngăn chặn việc tạo ra sắt cacbua có hại cho khả năng gọt giũa trở nên khó khăn. Hơn nữa, khi nhiệt độ gia nhiệt nhỏ hơn $SRT_{min}^{\circ}C$, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° có thể ít đi. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt được thiết lập ở mức $SRT_{min}^{\circ}C$ hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt tầm lớn hơn $1260^{\circ}C$, năng suất giảm do giảm quy mô. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt tầm được thiết lập ở mức $1260^{\circ}C$ hoặc ít hơn.

Bằng bước cán thô, thu được thanh thô. Khi nhiệt độ hoàn thiện của bước cán thô nhỏ hơn 1000° , các hạt tinh thể sau khi cán nóng hoàn thiện trở nên phẳng và hiện tượng nứt xuất hiện trên bề mặt nứt gãy của phần đục lỗ trong một số trường hợp. Do đó, nhiệt độ hoàn thiện của cán thô được thiết lập ở mức $1000^{\circ}C$ hoặc lớn hơn.

Sau khi cán thô, quy trình gia nhiệt có thể được thực hiện vào thời điểm cán hoàn thiện. Bằng cách thực hiện gia nhiệt, nhiệt độ theo chiều ngang và nhiệt độ theo chiều dọc của thanh thô trở nên đồng nhất và các biến đổi về mặt vật liệu trong thép thành phẩm giảm. Phương pháp gia nhiệt trong quy trình gia nhiệt không được giới hạn cụ thể. Quy trình có thể được thực hiện bằng phương pháp ví dụ như gia nhiệt lò, gia nhiệt cảm ứng, gia nhiệt năng lượng, gia nhiệt tần số cao, hoặc tương tự.

Sau khi cán thô, bước loại bỏ cặn có thể được thực hiện trước thời điểm cán hoàn thiện. Bằng cách loại bỏ cặn, độ nhám bề mặt trở nên nhỏ và độ bền mỏi được cải thiện trong một số trường hợp. Các phương pháp loại bỏ cặn không được giới hạn cụ thể. Quy trình này có thể được thực hiện bởi dòng nước áp lực cao, như ví dụ.

Khoảng thời gian giữa lúc kết thúc cán thô và bắt đầu cán hoàn thành ảnh hưởng đến hình dạng bề mặt vết nứt của bề mặt vết nứt được đục lỗ thông qua trạng thái kết tinh của austenit trong quá trình cán. Khi khoảng thời gian giữa giai đoạn kết thúc cán thô và bắt đầu cán hoàn thiện kéo dài chưa đến 45 giây, tỷ lệ phần trăm gãy giòn của phía đầu đục lỗ đôi khi tăng. Do đó, khoảng thời gian giữa kết thúc cán thô và bắt đầu cán hoàn thiện được thiết lập ở mức 45 giây hoặc lớn hơn. Khi khoảng thời gian này được thiết lập ở mức 45 giây hoặc lớn hơn, và bằng cách đó quá trình kết tinh lại của austenit gia tăng hơn nữa, các hạt tinh thể được tạo ra có cấu trúc hình tròn nhiều hơn, và độ bền mỏi của phần đục lỗ được cải thiện nhiều hơn.

Bằng công đoạn cán hoàn thiện, thu được tấm thép cán nóng. Biến dạng tích lũy

ở ba giai đoạn cuối (ba bước cuối) trong quá trình cán hoàn thiện được thiết lập ở mức 0,5 đến 0,6 để tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° ở mức 20% hoặc lớn hơn, và sau đó quá trình làm nguội được mô tả sau đây được thực hiện. Điều này là do lý do sau đây. Các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° được tạo ra bằng cách biến đổi trong trạng thái cân bằng tại nhiệt độ tương đối thấp. Do đó, mật độ biến dạng của austenit trước khi biến đổi được giới hạn ở phạm vi nhất định trong cán nóng, và đồng thời, tốc độ làm nguội tiếp theo được giới hạn trong phạm vi nhất định, do đó có thể kiểm soát việc tạo ra các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14°.

Đó là, biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối trong quá trình cán hoàn thiện và quá trình làm nguội tiếp theo được kiểm soát, do đó có thể kiểm soát tần số tạo ra các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° và tốc độ tăng trưởng tiếp theo. Kết quả là, có thể kiểm soát tỷ lệ diện tích của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trong tấm thép thu được sau khi làm nguội. Cụ thể hơn, mật độ sai lệch của austenit sau cán hoàn thiện chủ yếu liên quan đến tần số tạo hạt và tốc độ làm nguội sau khi cán chủ yếu liên quan đến tốc độ tăng trưởng các hạt.

Khi biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối trong quá trình cán kết thúc nhỏ hơn 0,5, mật độ sai lệch của austenit được đưa vào là không đủ và tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên nhỏ hơn 20%. Do đó, biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối được thiết lập ở mức 0,5 hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối trong quá trình cán hoàn thiện vượt quá 0,6, hiện tượng kết tinh lại của austenit xảy ra trong quá trình cán nóng và mật độ sai lệch tích lũy tại thời điểm biến đổi giảm. Kết quả là, tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° ở mức ít hơn 20%. Do đó, biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối được thiết lập ở mức 0,6 hoặc ít hơn.

Biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối trong quá trình cán kết thúc (ϵ_{eff}) Được tính bằng biểu thức (2) bên dưới.

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

Ở đây,

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

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

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

$$Q = 183200J,$$

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

để thể hiện cho biến số logarit ở thời gian giảm, t biểu thị khoảng thời gian tích lũy cho đến trước khi làm nguội trong đường chuyển và T biểu thị nhiệt độ cân trong đường chuyển.

Khi nhiệt độ hoàn thiện của quá trình cán được thiết lập ở mức thấp hơn $Ar_3^{\circ}C$, mật độ biến dạng của austenit trước khi biến đổi tăng quá mức, do đó gây khó khăn cho việc thiết lập tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch nội tâm từ 5 đến 14° ở mức 20% hoặc lớn hơn. Do đó, nhiệt độ hoàn thiện của quy trình cán hoàn thiện được thiết lập ở mức $Ar_3^{\circ}C$ hoặc lớn hơn.

Công đoạn cán hoàn thiện tốt hơn là được thực hiện bằng cách sử dụng máy cán song song trong đó các máy cán được sắp xếp tuyến tính và thực hiện cán liên tục theo một hướng để có được độ dày mong muốn. Hơn nữa, trong trường hợp cán hoàn thiện được thực hiện bằng máy cán song song, việc làm nguội (làm nguội giữa các chân đế) được thực hiện giữa các máy cán để kiểm soát nhiệt độ tấm thép trong quá trình cán hoàn thiện trong phạm vi từ $Ar_3^{\circ}C$ hoặc lớn hơn đến $Ar_3 + 150^{\circ}C$ hoặc ít hơn. Khi nhiệt độ tối đa của tấm thép trong quá trình cán hoàn thiện vượt quá $Ar_3 + 150^{\circ}C$, kích thước hạt trở nên quá lớn, và do đó sự suy giảm độ bền cần được lưu ý đến.

Công đoạn cán nóng được thực hiện với các điều kiện ở trên, qua đó có khả năng giới hạn mật độ sai lệch của austenit trước khi biến đổi và thu được tỷ lệ mong muốn của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° .

Ar_3 được tính bằng biểu thức (3) bên dưới xét đến ảnh hưởng trên điểm biến đổi bằng cách giảm 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] thể hiện cho các hàm lượng của C, Si, P, Al, Mn, Mo, Cu, Cr, và Ni tương ứng với % khối lượng. Các yếu tố

không chứa trong thép được tính là 0%.

“Làm nguội không khí”

Trong phương pháp sản xuất này, bước làm nguội không khí của tấm thép cán nóng chỉ được thực hiện trong khoảng thời gian lớn hơn 2 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 5 giây sau khi cán hoàn thiện. Khoảng thời gian làm nguội không khí này ảnh hưởng đến việc làm phẳng các hạt tinh thể sau khi biến đổi liên quan đến sự kết tinh lại của austenit. Khi khoảng thời gian làm nguội không khí là 2 giây hoặc ít hơn, tỷ lệ phần trăm gãy giòn của phía đầu đục lỗ tăng lên. Do đó, khoảng thời gian làm nguội không khí này được thiết lập ở mức lớn hơn 2 giây và tốt hơn là được thiết lập là 2,5 giây hoặc lớn hơn. Khi khoảng thời gian làm nguội không khí vượt quá 5 giây, TiC và/hoặc NbC thô kết tủa, và do đó, việc đảm bảo độ bền trở nên khó khăn, và đồng thời, tính chất của phía đầu đục lỗ giảm. Do đó, khoảng thời gian làm nguội không khí được thiết lập ở mức 5 giây hoặc ít hơn.

“Làm nguội lần thứ nhất, làm nguội lần thứ hai”

Sau khi làm nguội không khí trong khoảng thời gian lớn hơn 2 giây và nhỏ hơn hoặc bằng 5 giây, làm nguội lần thứ nhất và làm nguội lần thứ hai của tấm thép cán nóng được thực hiện theo thứ tự sau. Trong làm nguội lần thứ nhất, tấm thép cán nóng được làm nguội đến vùng nhiệt độ đầu tiên từ 600 đến 750°C với tốc độ làm nguội là 10°C/giây hoặc lớn hơn. Trong làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng được làm nguội đến vùng nhiệt độ thứ hai từ 450 đến 650°C với tốc độ làm nguội là 30°C/giây hoặc lớn hơn. Giữa làm nguội lần thứ nhất và làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng được duy trì ở vùng nhiệt độ thứ nhất trong vòng từ 1 đến 10 giây. Sau làm nguội lần thứ hai, tấm thép cán nóng tốt hơn là được để nguội trong không khí.

Khi tốc độ làm nguội của làm nguội lần thứ nhất nhỏ hơn 10°C/giây, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi. Hơn nữa, khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ nhất thấp hơn 600°C, khó thu được 30% ferit hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi. Khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ nhất cao hơn, tỷ lệ ferit trở nên cao hơn. Từ quan điểm mong muốn thu được tỷ lệ ferit cao, nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ nhất được thiết

lập ở mức 600°C hoặc lớn hơn, tốt hơn là được thiết lập ở mức 610°C hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 620°C hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 630°C hoặc lớn hơn. Hơn nữa, khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ nhất lớn hơn 750°C, khó có được tỷ lệ bainit là 5% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi, hoặc mật độ phân bố trung bình của các cacbua nền Ti và các cacbua nền Nb trên ranh giới hạt ferit vượt quá mức.

Khi thời gian duy trì ở 600 đến 750°C vượt quá 10 giây, có thể tạo ra sắt cacbua có hại cho khả năng gia công mài giũa. Hơn nữa, khi thời gian duy trì ở 600 đến 750°C vượt quá 10 giây, thường khó thu được tỷ lệ bainit là 5% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, và hơn nữa, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi loại có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi. Khi thời gian duy trì ở mức nhiệt 600 đến 750°C chưa đến 1 giây, khó thu được tỷ lệ ferit từ 30% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt là 5 đến 14° trở nên ít đi. Khi thời gian duy trì lâu hơn, tỷ lệ ferit trở nên cao hơn. Xét trên quan điểm mong muốn thu được tỷ lệ ferit cao, thời gian duy trì được thiết lập ở mức 1 giây hoặc lớn hơn, tốt hơn là được thiết lập ở mức 1,5 giây hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 2 giây hoặc lớn hơn và còn tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 2,5 giây hoặc lớn hơn.

Khi tốc độ làm nguội của làm nguội lần thứ hai nhỏ hơn 30°C/giây, có thể tạo ra sắt cacbua có hại cho khả năng mài dũa, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt là 5 đến 14° trở nên ít đi. Khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ hai nhỏ hơn 450°C, khó thu được tỷ lệ ferit từ 30% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi loại có sự sai lệch định hướng nội hạt là 5 đến 14° trở nên ít đi. Khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ hai cao hơn, tỷ lệ ferit trở nên cao hơn. Xét trên quan điểm mong muốn thu được tỷ lệ ferit cao, nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ hai được thiết lập ở mức 450°C hoặc lớn hơn, tốt hơn là được thiết lập ở mức 510°C hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là được thiết lập ở mức 550°C hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ hai lớn hơn 650°C, khó thu được tỷ lệ bainit là 5% hoặc lớn hơn theo tỷ lệ diện tích, và đồng thời, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi.

Giới hạn trên của tốc độ làm nguội trong làm nguội lần thứ nhất và làm nguội lần thứ hai không được giới hạn cụ thể, nhưng có thể được thiết lập ở mức $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc ít hơn khi xét đến công suất của thiết bị làm nguội. Tỷ lệ diện tích của ferit và bainit phụ thuộc một cách phức tạp vào các điều kiện của làm nguội lần thứ nhất, làm nguội lần thứ hai, và thời gian duy trì giữa chúng và không thể được kiểm soát chỉ bởi mỗi trong số các điều kiện riêng biệt, nhưng, ví dụ, có xu hướng sau đây. Khi nhiệt độ ngưng làm nguội của làm nguội lần thứ nhất là từ 610°C hoặc lớn hơn, có thể dễ dàng thiết lập tỷ lệ diện tích của ferit ở mức 40% hoặc lớn hơn, khi ở mức 620°C , có thể dễ dàng thiết lập tỷ lệ diện tích của ferit ở mức 50% hoặc lớn hơn, và khi ở mức 630°C , có thể dễ dàng thiết lập tỷ lệ diện tích của ferit ở mức 60% hoặc lớn hơn.

Theo cách thức 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, do đó phát hiện độ sai lệch tinh thể của austenit. Sau đó, điều quan trọng là làm cho độ sai lệch được đưa vào ở mức vừa phải bằng cách kiểm soát các điều kiện làm nguội. Đó là, ngay cả khi điều kiện cán nóng hoặc điều kiện làm nguội được kiểm soát độc lập, không thể có được tấm thép theo phương án này, dẫn đến điều quan trọng là phải kiểm soát một cách thích hợp đồng thời cả hai điều kiện cán nóng và điều kiện làm nguội. Các điều kiện khác với những điều kiện trên không được giới hạn cụ thể vì các phương pháp phổ biến như cán bằng phương pháp đã biết sau khi làm nguội lần thứ hai, ví dụ, chỉ cần được sử dụng.

Kỹ thuật tẩy gỉ có thể được thực hiện để loại bỏ các vảy trên bề mặt. Miễn là điều kiện cán nóng và làm nguội như trên, có thể thu được các hiệu quả tương tự ngay cả khi công đoạn cán nguội, xử lý gia nhiệt (ủ thép), mạ, và v.v. được thực hiện sau đó.

Trong quá trình cán nguội, tốt hơn là tỷ lệ giảm được thiết lập ở mức 90% hoặc ít hơn. Khi tỷ lệ giảm trong cán nguội vượt quá 90%, độ dẻo đôi khi bị giảm. Việc cán nguội không cần phải được thực hiện và giới hạn dưới của tỷ lệ giảm trong cán nguội là 0%. Như đã nêu trên, tấm thép ban đầu được cán nóng nguyên vẹn có khả năng tạo hình xuất sắc. Mặt khác, độ sai lệch sinh ra bởi cán nguội, Ti rắn nóng chảy, Nb, Mo, và v.v. được thu thập để kết tủa, nhờ đó có thể cải thiện điểm năng suất (YP) và độ bền kéo (TS). Do đó, cán nguội có thể được sử dụng để điều chỉnh độ bền của thép. Tấm thép

cán nguội thu được bằng cách cán nguội.

Nhiệt độ của quá trình xử lý gia nhiệt (ủ thép) sau khi cán nguội tốt hơn là được thiết lập ở mức 840°C hoặc ít hơn. Tại thời điểm ủ, các hiện tượng phức tạp như tăng độ bền bởi sự kết tủa Ti và Nb mà chưa kết tủa đầy đủ ở giai đoạn cán nóng, phục hồi độ sai lệch, và làm mềm bằng cách tăng cường các kết tủa xuất hiện. Khi nhiệt độ ủ thép vượt quá 840°C, ảnh hưởng của việc tăng cường kết tủa là lớn hơn và tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° trở nên ít đi. Nhiệt độ ủ thép tốt hơn là được thiết lập ở mức 820°C hoặc ít hơn và còn tốt hơn nữa là thiết lập ở mức 800°C hoặc ít hơn. Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ không được thiết lập cụ thể. Như được mô tả ở trên, điều này là do tấm thép ban đầu được cán nóng nguyên vẹn vốn không phải chịu công đoạn ủ có khả năng tạo hình xuất sắc.

Trên bề mặt của tấm thép theo phương án này, lớp mạ có thể được tạo ra. Đó là, tấm thép được mạ có thể được đề cập đến như phương án khác của sáng chế. Lớp mạ, chẳng hạn, lớp mạ điện, lớp mạ nhúng nóng hoặc lớp mạ hợp kim nhúng nóng. Như lớp mạ nhúng nóng và lớp mạ hợp kim nhúng nóng, lớp mạ được làm bằng ít nhất một trong số các loại kim loại như kẽm và nhôm có thể được đề cập đến. Cụ thể, có thể đề cập đến lớp mạ kẽm nhúng nóng, lớp mạ kẽm nhúng nóng hợp kim, lớp mạ nhôm nhúng nóng, lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, lớp mạ Zn-Al nhúng nóng, lớp mạ hợp kim Zn-Al nhúng nóng, v.v.. Xét trên quan điểm về khả năng chống ăn mòn và chống ăn mòn, cụ thể, lớp mạ kẽm nhúng nóng và lớp mạ kẽm nhúng nóng hợp kim là tốt hơn.

Tấm thép được mạ nhúng nóng và tấm thép được mạ hợp kim nhúng nóng được sản xuất bằng cách thực hiện nhúng nóng hoặc nhúng nóng hợp kim trên tấm thép được đề cập ở trên theo phương án này. Ở đây, nhúng nóng hợp kim có nghĩa là cách thức nhúng nóng được thực hiện để tạo ra lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt, và sau đó xử lý hợp kim trên đó để từ lớp mạ nhúng nóng tạo ra lớp mạ nhúng nóng hợp kim. Tấm thép được mạ có thể là tấm thép cán nóng, hoặc tấm thép thu được sau khi cán nguội và sau công đoạn ủ được thực hiện trên tấm thép cán nóng. Tấm thép mạ nhúng nóng và tấm thép được mạ hợp kim nhúng nóng bao gồm tấm thép theo phương án này và có lớp mạ nhúng nóng và lớp mạ hợp kim nhúng nóng tương ứng được cung cấp ở trên, và do đó, có thể thu được tính chất chống gỉ xuất sắc cùng với các hiệu quả chức năng của tấm

thép theo phương án này. Trước khi thực hiện mạ, Ni hoặc nguyên tố tương tự có thể được phủ lên bề mặt như lớp mạ trước.

Khi việc xử lý gia nhiệt (ủ) được thực hiện trên tấm thép, tấm thép có thể được ngâm trực tiếp trong bể mạ kẽm nhúng nóng sau khi được xử lý gia nhiệt để tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng trên bề mặt. Trong trường hợp này, tấm thép ban đầu dùng để xử lý gia 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 hợp kim được tiếp tục tạo ra bằng cách làm nóng lại tấm thép và thực hiện xử lý hợp kim để pha trộn lớp mạ kẽm và sắt nền.

Tấm thép được mạ theo phương án của sáng chế có tính chất chống gỉ xuất sắc vì lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của tấm thép. Do đó, khi bộ phận của ô tô được giảm độ dày bằng cách sử dụng tấm thép được mạ theo phương án này, có thể ngăn chặn được việc giảm thời gian sử dụng của ô tô do tính ăn mòn vật liệu.

Lưu ý rằng các phương án được mô tả ở trên chỉ minh họa các ví dụ cụ thể của việc thực hiện sáng chế, và phạm vi kỹ thuật của sáng chế không chỉ được giới hạn bởi phương pháp có trong các mô tả này. Đó là, sáng chế có thể được thực hiện bằng các dạng khác nhau mà không tách rời khỏi nội dung kỹ thuật hoặc các đặc điểm chính.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ trong sáng chế này được giải thích. Các điều kiện trong các ví dụ trên là các ví dụ của điều kiện áp dụng để xác minh tính khả thi và ảnh hưởng của sáng chế, và sáng chế không được giới hạn đến các ví dụ về điều kiện này. Sáng chế có thể sử dụng các điều kiện khác nhau mà không tách rời khỏi nội dung của sáng chế trong phạm vi cho phép để đạt được các mục tiêu của sáng chế.

Thép có thành phần hóa học được minh họa trong bảng 1 và bảng 2 được luyện để sản xuất phôi thép, phôi thép thu được được nung nóng đến nhiệt độ được minh họa trong bảng 3 và bảng 4 được cán thô trong các điều kiện được minh họa trong bảng 3 và bảng 4, và sau đó được cán hoàn thiện trong các điều kiện được minh họa trong bảng 3 và bảng 4. Độ dày của tấm thép cán nóng sau khi cán hoàn thiện là từ 2,2 đến 3,4mm. Mỗi cột trong bảng 1 và bảng 2 chỉ báo giá trị phân tích nhỏ hơn giới hạn phát hiện. “Thời gian trôi qua” trong bảng 3 và bảng 4 là khoảng thời gian tính từ thời điểm kết thúc cán thô đến thời điểm bắt đầu cán hoàn thiện. Mỗi phần gạch chân trong bảng

1 và bảng 2 chỉ báo rằng giá trị số nằm ngoài phạm vi của sáng chế, và mỗi phần gạch chân trong bảng 4 chỉ báo giá trị số nằm ngoài phạm vi phù hợp với quy trình sản xuất tấm thép của sáng chế.

Bảng 1

Thép tấm số	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại: Fe và 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	0,040	0,22	0,99	0,013	0,008	0,030		0,062	0,0031
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 tấm số	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại: Fe và 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										0,062	878
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								<u>0,007</u>	904
e										<u>0,282</u>	817
g										<u>0,231</u>	867

Bảng 3

Thứ nghiệm số	Thép tấm số	Ar3 (°C)	SRT min (°C)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Nhiệt độ hoàn thành cán thô (°C)	Thời gian trôi qua (giây)	Nhiệt độ hoàn thành cán hoàn thiện (°C)	Biến dạng tích lũy của ba giai đoạn cuối cán hoàn thiện	Nhiệt độ tối đa của thép tấm trong thời gian cán hoàn thiện (°C)
1	A	907	1141	1199	1056	90	918	0,57	1047
2	B	882	1071	1172	1069	60	902	0,57	1017
3	C	884	1179	1228	1065	80	912	0,58	1006
4	D	839	1139	1209	1100	50	886	0,56	985
5	E	878	1051	1173	1090	70	903	0,54	1006
6	F	880	1133	1202	1090	90	928	0,54	1018
7	G	870	1162	1171	1057	80	912	0,55	990
8	H	855	1158	1230	1060	50	921	0,58	1002
9	I	877	1134	1215	1091	60	897	0,59	998
10	J	918	1067	1238	1097	90	948	0,59	1021
11	K	838	1135	1194	1090	90	895	0,53	973
12	L	832	1161	1210	1068	70	921	0,58	977
13	M	842	1149	1224	1051	90	917	0,55	961
14	N	852	1120	1170	1100	80	892	0,54	980
15	O	828	1143	1192	1095	80	894	0,60	973
16	P	818	1131	1174	1072	90	886	0,57	950
17	Q	843	1041	1194	1079	50	915	0,58	980
18	R	860	1000	1240	1074	90	930	0,55	965
19	S	833	1079	1246	1096	80	913	0,56	940
20	T	822	1117	1249	1073	80	942	0,59	968
21	U	811	1069	1241	1056	60	910	0,59	951

Bảng 4

Thử nghiệm số	Thép tấm số	Ar3 (°C)	Srt min (°C)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Nhiệt độ hoàn thành cán thô (°C)	Thời gian trôi qua (giây)	Nhiệt độ hoàn thành cán hoàn thiện (°C)	Biến dạng tích lũy của ba giai đoạn cuối cán hoàn thiện	Nhiệt độ tối đa của thép tấm trong thời gian cán hoàn thiện (°C)
22	a	834	1257	<u>1200</u>	1078	70	901	0,56	<u>1000</u>
23	b	974	1120	1171	1063	60	999	0,58	1060
24	c	673	1116	1202	1079	60	778	0,60	820
25	d	904	962	1210	1081	70	913	0,57	984
26	e	817	1212	1275	1092	70	886	0,55	950
27	g	867	1191	1217	1061	50	914	0,57	970
28	M	842	1149	1120	1062	90	906	0,57	990
29	C	884	1179	1194	1075	70	<u>840</u>	0,54	1020
30	C	884	1179	1194	1091	70	897	<u>0,44</u>	1015
31	C	884	1179	1194	1076	70	913	<u>0,70</u>	1020
32	C	884	1179	1215	1078	80	951	0,59	<u>1070</u>
33	C	884	1179	1198	1089	90	914	0,58	1000
34	C	884	1179	1195	1080	90	930	0,58	990
35	M	842	1149	1193	1060	70	902	0,54	980
36	M	842	1149	1174	1083	90	903	0,55	970
37	M	842	1149	1204	1074	90	903	0,58	990
38	M	842	1149	1210	1087	60	914	0,58	988
39	M	842	1149	1216	1073	90	913	0,59	993
40	M	842	1149	1213	1061	50	905	0,55	988
41	M	842	1149	1221	<u>980</u>	50	912	0,56	989
42	M	842	1149	1223	1074	<u>10</u>	921	0,55	969
43	M	842	1149	1223	1098	90	916	0,57	978
44	M	842	1149	1222	1088	90	904	0,55	976
45	M	842	1149	1211	1068	90	902	0,53	979

Ar_3 ($^{\circ}C$) được tính từ các thành phần được minh họa trong bảng 1 và bảng 2 bằng cách sử dụng biểu thức (3).

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

Biến dạng tích lũy ở ba giai đoạn cuối được tính bằng biểu thức (2)

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

trong đó,

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

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

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

$$Q = 183200J,$$

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

ϵ_{i0} thể hiện cho biến số logarit ở thời gian giảm nhiệt độ, t biểu thị khoảng thời gian tích lũy cho đến ngay trước khi làm nguội trong đường chuyển, và T biểu thị nhiệt độ cán trong đường chuyển.

Tiếp theo, dưới các điều kiện được minh họa trong bảng 5 và bảng 6, các bước làm nguội không khí, làm nguội lần thứ nhất, duy trì ở vùng nhiệt độ thứ nhất, và làm nguội lần thứ hai cho tấm thép cán nóng được thực hiện, và tấm thép cán nóng từ thử nghiệm Số 1 đến 45 được thu. Khoảng thời gian làm nguội không khí tương đương với khoảng thời gian từ khi kết thúc quá trình cán xong đến lúc bắt đầu làm nguội lần thứ nhất.

Tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 21 được cán nguội với tỷ lệ giảm được minh họa trong bảng 5 và được xử lý gia nhiệt ở nhiệt độ xử lý gia nhiệt được minh họa trong bảng 5, và sau đó được phủ lớp mạ nhúng nóng lên trên, và quá trình xử lý hợp kim còn được thực hiện để từ đó tạo ra lớp mạ hợp kim nhúng nóng (GA) trên bề mặt. Các tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 18 đến 20 và 45 được xử lý gia nhiệt ở nhiệt độ xử lý gia nhiệt được minh họa trong bảng 5 và bảng 6. Các tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 18 đến 20 trải qua việc xử lý gia nhiệt, và sau đó có các lớp mạ kẽm nhúng nóng (GI) được tạo ra phía trên. Mỗi phần gạch chân trong bảng 6 là giá trị số nằm ngoài phạm vi phù hợp cho việc sản xuất tấm thép của sáng chế.

Bảng 5

Thử nghiệm số	Thép tấm số	Thời gian làm nguội trong không khí (giây)	Tỉ lệ nguội trong lần làm nguội thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ nhất (°C)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ nhất (giây)	Tỉ lệ nguội trong lần làm nguội thứ hai (°C/giây)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ hai (°C)	Tỉ lệ giảm cán nguội (%)	Nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)	Mạ
1	A	3,7	32	690	3	35	570	Không	Không	Không
2	B	4,4	39	640	4	40	580	Không	Không	Không
3	C	2,7	41	610	2	45	600	Không	Không	Không
4	D	3,1	55	630	5	35	620	Không	Không	Không
5	E	2,5	42	650	3	40	590	Không	Không	Không
6	F	3,5	45	620	4	50	565	Không	Không	Không
7	G	2,9	57	660	6	33	510	Không	Không	Không
8	H	2,6	30	670	3	40	570	Không	Không	Không
9	I	2,8	55	630	2	35	620	Không	Không	Không
10	J	2,5	48	680	4	40	600	Không	Không	Không
11	K	3,8	40	690	8	36	640	Không	Không	Không
12	L	3,3	77	650	3	60	570	Không	Không	Không
13	M	3,9	73	640	2	54	550	Không	Không	Không
14	N	2,5	59	650	4	65	530	Không	Không	Không
15	O	2,7	62	660	6	36	540	Không	Không	Không
16	P	2,8	37	630	5	55	580	Không	Không	Không
17	Q	2,8	37	680	5	49	620	Không	Không	Không
18	R	3,1	59	660	3	30	600	Không	700	GI
19	S	3,8	63	660	3	30	630	Không	700	GI
20	T	2,8	62	620	3	30	600	Không	700	GI
21	U	3,6	74	610	3	30	550	62%	750	GA

Bảng 6

Thử nghiệm số	Tám thép số	Thời gian làm nguội trong không khí (giây)	Tỉ lệ nguội trong lần làm nguội thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ nhất (°C)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ nhất (giây)	Tỉ lệ nguội trong lần làm nguội thứ hai (°C/giây)	Nhiệt độ ngưng làm nguội trong lần làm nguội thứ hai (°C)	Tỉ lệ giảm cân nguội (%)	Nhiệt độ xử lý nhiệt (°C)	MÀ
22	A	2,8	44	690	4	35	600	Không	Không	Không
23	B	4	48	690	5	45	570	Không	Không	Không
24	C	4,1	60	700	6	37	560	Không	Không	Không
25	D	3,1	33	670	2	42	550	Không	Không	Không
26	E	2,5	42	640	3	53	540	Không	Không	Không
27	G	3,1	55	710	4	46	650	Không	Không	Không
28	M	4,2	45	690	4	35	570	Không	Không	Không
29	C	2,9	27	740	3	50	590	Không	Không	Không
30	C	3,4	36	720	6	43	600	Không	Không	Không
31	C	3,2	61	710	3	54	570	Không	Không	Không
32	C	3,6	49	720	3	43	550	Không	Không	Không
33	C	4,4	<u>5</u>	680	6	35	570	Không	Không	Không
34	C	4	39	<u>530</u>	4	36	520	Không	Không	Không
35	M	3,3	56	<u>795</u>	5	35	620	Không	Không	Không
36	M	3,7	35	710	<u>0</u>	48	560	Không	Không	Không
37	M	3,9	36	650	<u>15</u>	45	550	Không	Không	Không
38	M	2,9	37	700	4	<u>5</u>	570	Không	Không	Không
39	M	4,5	47	600	5	43	<u>360</u>	Không	Không	Không
40	M	3,5	42	700	3	35	<u>670</u>	Không	Không	Không
41	M	4,3	60	700	2	54	550	Không	Không	Không
42	M	2,8	71	680	2	54	550	Không	Không	Không
43	M	<u>0,5</u>	73	670	2	54	550	Không	Không	Không
44	M	<u>8</u>	60	710	2	54	550	Không	Không	Không
45	M	2,7	41	730	3	35	650	Không	<u>860</u>	Không

Sau đó, mỗi tấm thép (các tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 1 đến 17 và 22 đến 44, các tấm thép cán nóng được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 18 đến 20, và 45, và tấm thép cán nguội trong thử nghiệm số 21), với tỷ lệ cấu trúc (tỷ lệ diện tích) của ferit, bainit, mactensit, và jadeit và tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° được thu bởi các phương pháp sau đây. Kết quả được minh họa trong bảng 7 và bảng 8. Trường hợp chứa mactensit và/hoặc peclit được mô tả ở cột “cấu trúc cân bằng” trong bảng. Mỗi phần gạch chân trong bảng 8 là giá trị số nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

“Tỷ lệ cấu trúc (tỷ lệ diện tích) của ferit, bainit, mactensit, và peclit”

Đầu tiên, mẫu thử được lấy từ tấm thép được khắc bởi nital. Sau khi khắc, bức ảnh cấu trúc thu được ở độ sâu 1/4 so với độ dày tấm thép trong trường nhìn bằng mắt thường 300μm × 300μm được phân tích hình ảnh bằng kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích hình ảnh này, tỷ lệ diện tích của ferit, tỷ lệ diện tích của pearit, và tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit được thu. Tiếp theo, mẫu thử khắc bằng LePera được sử dụng và bức ảnh cấu trúc thu được ở độ sâu 1/4 so với độ dày tấm thép trong trường nhìn bằng mắt thường 300μm × 300μm được phân tích hình ảnh dưới kính hiển vi quang học. Bằng cách phân tích hình ảnh này, tổng tỷ lệ diện tích của austenit và mactensit còn lại được thu. Hơn nữa, mẫu thử thu được bằng cách mài mòn bề mặt đến độ sâu bằng 1/4 so với độ dày của tấm thép từ hướng thông thường đến bề mặt cán đã được sử dụng và tỷ lệ thể tích của austenit còn lại được thu thông qua phép đo nhiễu xạ tia X. Tỷ lệ thể tích của austenit còn lại 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 thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của austenit còn lại từ tổng tỷ lệ diện tích của austenit còn lại và mactensit, và tỷ lệ diện tích của bainit thu được bằng cách trừ tỷ lệ diện tích của mactensit từ tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactensit. Theo cách này, thu được tỷ lệ diện tích của ferit, bainit, mactensit, austenit còn lại, và peclit.

“Tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14°”

Ở độ sâu 1/4 so với độ dày tấm t từ bề mặt của tấm thép (phần 1/4 t) theo mặt cắt dọc của hướng cán, vùng với thông số 200μm theo hướng cán và 100μm theo hướng thông thường đến bề mặt cán được phân tích EBSD ở khoảng 0,2μm để thu được thông

tin định hướng tinh thể. Ở đây, phân tích EBSD được thực hiện bằng cách sử dụng thiết bị bao gồm kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (JSM-7001F do JEOL Ltd. sản xuất) và máy dò EBSD (máy dò HIKARI do TSL Co., Ltd. sản xuất) tốc độ 200 đến 300 điểm/giây. Tiếp theo, liên quan đến thông tin định hướng tinh thể thu được, vùng có độ sai lệch từ 15° hoặc lớn hơn và đường kính tương đương hình tròn từ $0,3\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được xác định là hạt tinh thể, độ sai lệch định hướng nội hạt trung bình của hạt tinh thể được tính toán và tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng từ 5° đến 14° được thu. Hạt tinh thể được xác định như được mô tả ở trên và tỷ lệ sai lệch định hướng nội hạt trung bình được tính toán bằng cách sử dụng phần mềm “Phân tích OIM (nhãn hiệu đã đăng ký)” đi kèm với máy phân tích EBSD.

Trong mỗi trong số các tấm thép (tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 1 đến 17 và 22 đến 44, tấm thép cán nóng được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 18 đến 20 và 45, và tấm thép cán nguội được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 21), tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với hạt tinh thể và mật độ phân bố trung bình của tổng số cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên các ranh giới hạt ferit được thu bằng các phương pháp sau. Các kết quả được minh họa trong bảng 7 và bảng 8.

“Tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với hạt tinh thể”

Cấu trúc của mặt cắt chữ L (mặt cắt song song với hướng cán) được quan sát bằng cách sử dụng máy dò EBSD được mô tả ở trên, (chiều dài trục lớn hình elip)/(chiều dài trục nhỏ hình elip) của mỗi hạt tinh thể trong số 50 hạt tinh thể hoặc lớn hơn được tính toán, và thu được giá trị trung bình của các giá trị tính toán. Fig.2 là hình ảnh minh họa phương pháp tính tỷ lệ co trung bình của hạt tinh thể. Hạt tinh thể 14 được minh họa trong fig.2 là hạt được bao quanh bởi ranh giới hạt nghiêng góc cao với góc nghiêng của hạt từ 15° hoặc lớn hơn. Như được minh họa trong fig.2, trục lớn hình elip 12 được xác định là đường thẳng dài nhất trong số các đường thẳng mỗi đường thẳng nối hai điểm tùy ý trên ranh giới hạt 11 của hạt tinh thể 14 được quan sát bằng cách sử dụng máy dò EBSD được mô tả ở trên. Trục nhỏ hình elip 13 được xác định là, đường thẳng thuộc trong các đường thẳng nối hai điểm tùy ý trên ranh giới hạt 11 của hạt tinh thể 14 được quan sát bằng cách sử dụng EBSD được mô tả ở trên, đường thẳng này đi qua điểm chia

đôi chiều dài của trục lớn hình elip 12 và vuông góc với trục lớn hình elip 12.

“Mật độ phân bố trung bình của tổng số cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit”

Mặt cắt ngang chữ L được quan sát bằng cách sử dụng SEM, độ dài của ranh giới hạt ferit được đo, và hơn nữa tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt từ 20 nm hoặc lớn hơn trên ranh giới hạt ferit được tính toán. Tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb theo tính toán ở trên được sử dụng để tính toán mật độ phân bố trung bình vốn là tổng số lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb trên 1µm chiều dài của ranh giới hạt ferit. Một cách ngẫu nhiên, kích thước hạt của cacbua nền Ti và cacbua nền Nb là bán kính tương đương hình tròn của cacbua nền Ti và cacbua nền Nb.

[Bảng 7]

Thử nghiệm số	Tỉ lệ diện tích ferit (%)	Tỉ lệ diện tích bainit (%)	Cấu trúc cân bằng (%)	Tỉ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt 5 đến 14° (%)	Hệ số co trung bình	Mật độ của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb trên biên hạt (cacbua/ μm)	Ghi chú
1	35	65	0	54	3,5	2,00	Ví dụ sáng chế
2	60	40	0	79	3,5	1,00	Ví dụ sáng chế
3	40	60	0	72	3,5	3,00	Ví dụ sáng chế
4	60	40	0	71	3,0	4,00	Ví dụ sáng chế
5	50	50	0	39	3,0	4,00	Ví dụ sáng chế
6	38	62	0	52	3,1	3,00	Ví dụ sáng chế
7	49	51	0	68	3,3	2,00	Ví dụ sáng chế
8	50	50	0	75	3,3	4,00	Ví dụ sáng chế
9	49	51	0	73	3,4	2,00	Ví dụ sáng chế
10	50	50	0	77	2,9	3,00	Ví dụ sáng chế
11	40	60	0	52	3,2	4,00	Ví dụ sáng chế
12	65	35	0	82	3,4	2,00	Ví dụ sáng chế
13	48	52	0	67	3,0	2,00	Ví dụ sáng chế
14	50	50	0	56	2,8	3,00	Ví dụ sáng chế
15	40	60	0	86	3,4	2,00	Ví dụ sáng chế
16	30	70	0	89	3,0	1,00	Ví dụ sáng chế
17	60	40	0	91	3,2	3,00	Ví dụ sáng chế
18	40	60	0	85	3,2	3,00	Ví dụ sáng chế
19	75	25	0	84	3,4	3,00	Ví dụ sáng chế
20	38	62	0	72	3,3	1,00	Ví dụ sáng chế
21	45	55	0	92	2,9	2,00	Ví dụ sáng chế

Bảng 8

Thử nghiệm số	Tỉ lệ diện tích ferit (%)	Tỉ lệ diện tích bainit (%)	Cấu trúc cân bằng (%)	Tỉ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° (%)	Hệ số co	Mật độ của tổng lượng cacbua nền ti và cacbua nền nb trên biên hạt (cacbua/ μm)	Ghi chú
22	<u>0</u>	55	8% peclit, mactensit cân bằng	<u>18</u>	3,1	3,00	Ví dụ so sánh
23	<u>100</u>	<u>0</u>	0	<u>10</u>	3,2	4,00	Ví dụ so sánh
24	<u>3</u>	35	Mactensit cân bằng	27	3,3	1,00	Ví dụ so sánh
25	67	33	0	28	2,8	1,00	Ví dụ so sánh
26	NÚT GẤY XUẤT HIỆN TRONG QUÁ TRÌNH CÁN						Ví dụ so sánh
27	73	27	0	<u>6</u>	3,2	4,00	Ví dụ so sánh
28	76	24	0	<u>18</u>	3,4	4,00	Ví dụ so sánh
29	80	20	0	<u>3</u>	<u>5,3</u>	4,00	Ví dụ so sánh
30	75	25	0	<u>15</u>	<u>5,5</u>	4,00	Ví dụ so sánh
31	55	45	0	<u>13</u>	2,9	4,00	Ví dụ so sánh
32	50	50	0	<u>5</u>	3,3	3,00	Ví dụ so sánh
33	45	55	0	<u>17</u>	3,1	4,00	Ví dụ so sánh
34	<u>5</u>	<u>95</u>	0	<u>6</u>	3,0	4,00	Ví dụ so sánh
35	75	25	0	<u>18</u>	3,3	<u>15,00</u>	Ví dụ so sánh
36	<u>3</u>	<u>97</u>	0	<u>16</u>	3,4	2,00	Ví dụ so sánh
37	65	35	0	<u>14</u>	3,2	2,00	Ví dụ so sánh
38	60	40	0	<u>12</u>	2,8	1,00	Ví dụ so sánh
39	40	60	0	<u>8</u>	3,4	4,00	Ví dụ so sánh
40	80	20	0	<u>8</u>	2,8	4,00	Ví dụ so sánh
41	70	30	0	60	<u>5,4</u>	3,00	Ví dụ so sánh
42	60	40	0	57	<u>5,3</u>	3,00	Ví dụ so sánh
43	50	50	0	56	<u>5,4</u>	2,00	Ví dụ so sánh
44	55	45	0	53	<u>5,5</u>	3,00	Ví dụ so sánh
45	60	20	Mactensit cân bằng	<u>8</u>	3,0	4,00	Ví dụ so sánh

Trên mỗi tấm thép (tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 1 đến 17 và 22 đến 44, tấm thép cán nóng được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 18 đến 20, và 45, và tấm thép cán nguội được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 21), thử nghiệm độ bền uốn mặt phẳng được thực hiện trong điều kiện tỷ lệ ứng suất = 1 theo JIS Z2275 để thực hiện đánh giá theo giới hạn mỗi. Trong mỗi trong số các tấm thép (tấm thép cán nóng trong thử nghiệm số 1 đến 17 và 22 đến 44, tấm thép cán nóng được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 18 đến 20, và 45, và tấm thép cán nguội được xử lý gia nhiệt trong thử nghiệm số 21), trong thử nghiệm độ bền kéo, độ dẻo và độ bền kéo được thu, và bằng thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng theo kiểu yên ngựa, thu được chiều cao tạo hình giới hạn của mặt bích. Sau đó, tích số của độ bền kéo (MPa) và chiều cao tạo hình giới hạn (mm) được thiết lập làm chỉ số của khả năng uốn mép kéo căng, và trường hợp của tích số này ở mức 19500mm · MPa hoặc lớn hơn được đánh giá là có khả năng uốn mép kéo căng xuất sắc. Hơn nữa, trường hợp có độ bền kéo (TS) là 480MPa hoặc lớn hơn được đánh giá là có độ bền cao. Hơn nữa, trường hợp trong đó tỷ lệ phần trăm gãy giòn tại thời điểm đục lỗ nhỏ hơn 20% và tỷ lệ giới hạn mỗi là 0,4 hoặc lớn hơn được đánh giá là kim loại nền và phần đục lỗ có độ bền mỗi tốt. Các kết quả được minh họa trong bảng 9 và bảng 10. Mỗi phần gạch chân trong bảng 10 là giá trị số nằm ngoài phạm vi mong muốn.

Đối với thử nghiệm độ bền kéo, mẫu thử độ bền kéo JIS số 5 được thu thập từ hướng vuông góc với hướng cán, và mẫu thử này được sử dụng để thực hiện thử nghiệm theo JISZ2241.

Thử nghiệm khả năng uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa được thực hiện bằng cách sử dụng sản phẩm được tạo hình kiểu yên ngựa trong đó bán kính cong R của góc được đặt ở mức 60mm và góc mở θ được thiết lập ở 120° và tạo khe hở ở thời điểm đục lỗ phần góc là 11%. Chiều cao tạo hình giới hạn được thiết lập là chiều cao tạo hình giới hạn không có vết nứt bằng cách quan sát bằng mắt thường xem liệu có hay không vết nứt có chiều dài bằng 1/3 độ dày tấm thép hoặc lớn hơn xuất hiện sau khi tạo hình.

Đối với tỷ lệ phần trăm gãy giòn tại thời điểm đục lỗ, 20 đến 50 tấm thép mẫu được đục lỗ thành hình tròn bằng kéo hoặc máy đục lỗ trong điều kiện khe hở từ 10 đến 15% độ dày của tấm thép và vết nứt gãy tạo ra trên mỗi bề mặt được quan sát bằng kính hiển vi. Sau đó, phần ánh kim loại được coi là bề mặt gãy giòn và chiều dài của bề mặt gãy giòn theo hướng chu vi được đo. Ở đây, chiều dài của bề mặt gãy giòn theo hướng

chu vi là chiều dài giữa hai đầu của vùng là bề mặt gãy giòn theo hướng chu vi. Sau đó, tỷ lệ giữa tổng chiều dài chu vi của các bề mặt gãy giòn và tổng chiều dài chu vi của các tấm thép mẫu quan sát được đặt là tỷ lệ gãy giòn. Ví dụ, trong trường hợp 20 tấm thép mẫu được đục lỗ bằng máy đục lỗ có đường kính lỗ đục 10mm, tổng chiều dài chu vi là $20 \times 10 \times \pi$ mm. Trong trường hợp chỉ có một trong số 20 tấm thép mẫu có bề mặt gãy giòn và chiều dài của bề mặt gãy giòn theo hướng chu vi là 1mm, tỷ lệ phần trăm gãy giòn là $1 / (20 \times 10 \times \pi)$.

Tỷ lệ giới hạn mỗi được tính toán bằng cách chia giá trị giới hạn mỗi của mỗi tấm thép được đo theo phương pháp được mô tả ở trên cho độ bền kéo (giới hạn mỗi (MPa)/độ bền kéo (MPa)).

Bảng 9

Thử nghiệm số	Độ bền chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Phần trăm gãy giòn (%)	Giới hạn mỗi (MPa)	Tỉ số giới hạn mỗi	Chỉ số khả năng uốn mép kéo căng (mm · MPa)	Ghi chú
1	585	666	5	280	0,42	21457	Ví dụ sáng chế
2	576	611	7	269	0,44	23175	Ví dụ sáng chế
3	756	815	4	359	0,44	22254	Ví dụ sáng chế
4	675	788	4	331	0,42	22784	Ví dụ sáng chế
5	515	609	6	256	0,42	20598	Ví dụ sáng chế
6	707	806	6	346	0,43	20554	Ví dụ sáng chế
7	610	724	6	304	0,42	21416	Ví dụ sáng chế
8	683	777	3	334	0,43	22505	Ví dụ sáng chế
9	571	619	4	266	0,43	23138	Ví dụ sáng chế
10	556	648	5	285	0,44	22149	Ví dụ sáng chế
11	765	840	5	361	0,43	21053	Ví dụ sáng chế
12	679	843	3	371	0,44	22584	Ví dụ sáng chế
13	650	698	2	293	0,42	21512	Ví dụ sáng chế
14	577	670	3	288	0,43	22293	Ví dụ sáng chế
15	572	715	6	300	0,42	23599	Ví dụ sáng chế
16	722	783	4	337	0,43	22652	Ví dụ sáng chế
17	526	601	4	264	0,44	22459	Ví dụ sáng chế
18	543	596	5	256	0,43	22848	Ví dụ sáng chế
19	470	540	3	232	0,43	23124	Ví dụ sáng chế
20	602	685	3	301	0,44	23524	Ví dụ sáng chế
21	605	685	3	288	0,42	25679	Ví dụ sáng chế

Bảng 10

Thử nghiệm số	Độ bền chảy (MPa)	Độ bền kéo (MPa)	Phần trăm gãy giòn (%)	Giới hạn mỗi (MPa)	Tỉ số giới hạn mỗi	Chỉ số khả năng uốn mép kéo căng (mm • MPa)	Ghi chú
22	678	868	3	382	0,44	<u>17984</u>	Ví dụ so sánh
23	628	643	3	283	0,44	<u>18621</u>	Ví dụ so sánh
24	880	998	5	439	0,44	<u>10424</u>	Ví dụ so sánh
25	334	<u>470</u>	3	219	0,42	<u>14310</u>	Ví dụ so sánh
26	NÚT GẤY XUẤT HIỆN TRONG QUÁ TRÌNH CÁN						Ví dụ so sánh
27	895	998	4	419	0,42	<u>8072</u>	Ví dụ so sánh
28	488	576	6	242	0,42	<u>17961</u>	Ví dụ so sánh
29	662	725	<u>25</u>	312	0,43	<u>17526</u>	Ví dụ so sánh
30	749	809	<u>27</u>	348	0,43	<u>19165</u>	Ví dụ so sánh
31	762	820	2	353	0,43	<u>18670</u>	Ví dụ so sánh
32	745	782	3	344	0,44	<u>18630</u>	Ví dụ so sánh
33	758	772	3	332	0,43	<u>18328</u>	Ví dụ so sánh
34	754	817	3	351	0,43	<u>16728</u>	Ví dụ so sánh
35	562	650	4	247	<u>0,38</u>	<u>17807</u>	Ví dụ so sánh
36	654	737	5	317	0,43	<u>16718</u>	Ví dụ so sánh
37	707	744	6	312	0,42	<u>17653</u>	Ví dụ so sánh
38	565	679	2	292	0,43	<u>17145</u>	Ví dụ so sánh
39	601	745	7	328	0,44	<u>16870</u>	Ví dụ so sánh
40	566	673	4	296	0,44	<u>18157</u>	Ví dụ so sánh
41	654	698	<u>25</u>	300	0,43	21512	Ví dụ so sánh
42	642	703	<u>21</u>	309	0,44	21301	Ví dụ so sánh
43	650	693	<u>21</u>	291	0,42	21512	Ví dụ so sánh
44	643	696	<u>30</u>	292	0,42	21512	Ví dụ so sánh
45	480	594	5	250	0,42	<u>13415</u>	Ví dụ so sánh

Trong các ví dụ của sáng chế (thử nghiệm số 1 đến 21), độ bền kéo từ 480MPa hoặc lớn hơn, tích số của độ bền kéo và chiều cao tạo hình giới hạn trong thử nghiệm uốn mép kéo căng kiểu yên ngựa từ 19500mm • MPa hoặc lớn hơn, tỷ lệ phần trăm gãy giòn tại thời điểm đục lỗ dưới 20% và tỷ lệ giới hạn mỏi từ 0,4 hoặc lớn hơn.

Thử nghiệm số 22 đến 27 mỗi thử nghiệm là ví dụ so sánh trong đó thành phần hóa học nằm ngoài phạm vi của sáng chế. Trong thử nghiệm số 22 đến 24, chỉ số về khả năng uốn mép kéo căng không thỏa mãn giá trị mục tiêu. Trong thử nghiệm số 25, tổng hàm lượng Ti và Nb nhỏ, và do đó, chỉ số về khả năng uốn mép kéo căng và độ bền kéo không thỏa mãn các giá trị mục tiêu. Trong thử nghiệm số 26, tổng hàm lượng Ti và Nb lớn, và do đó khả năng gia công giảm và các vết nứt gãy xuất hiện trong quá trình cán. Trong thử nghiệm số 27, tổng hàm lượng Ti và Nb lớn, và do đó, chỉ số về khả năng uốn mép kéo căng không thỏa mãn giá trị mục tiêu.

Thử nghiệm số 28 đến 46 mỗi thử nghiệm là ví dụ so sánh trong đó các điều kiện sản xuất nằm ngoài phạm vi mong muốn, và do đó, một hoặc nhiều cấu trúc được quan sát bằng kính hiển vi quang học, tỷ lệ của các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14°, tỷ lệ co trung bình và mật độ của các cacbua không thỏa mãn phạm vi của sáng chế. Trong thử nghiệm số 28 đến 40, và 45, tỷ lệ các hạt tinh thể mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5 đến 14° nhỏ, và do đó, chỉ số về khả năng uốn mép kéo căng không thỏa mãn giá trị đích. Trong thử nghiệm số 41 đến 44, tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể khá lớn, và do đó, tỷ lệ phần trăm gãy giòn tại thời điểm đục lỗ lớn hơn 20%.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể đề xuất tấm thép có độ bền cao, có khả năng uốn mép kéo căng xuất sắc, và có kim loại nền và phần đục lỗ đều có độ bền mỏi tốt. Tấm thép trong sáng chế có thể ngăn ngừa thiệt hại đi kèm với những bất thường ở phía đầu đục lỗ ngay cả khi quy trình đục lỗ được thực hiện trong các điều kiện làm việc nghiêm ngặt bằng cách sử dụng kéo cắt hoặc máy đục lỗ có khe hở hẹp. Tấm thép trong sáng chế được áp dụng cho bộ phận yêu cầu phải có khả năng uốn mép kéo căng nghiêm ngặt và có độ bền mỏi của kim loại nền và phần đục lỗ trong khi có độ bền cao. Tấm thép trong sáng chế là vật liệu phù hợp cho việc giảm trọng lượng bằng cách làm mỏng nhẹ các bộ phận trên ô tô và góp phần cải thiện hiệu quả tiêu thụ nhiên liệu, v.v. trên ô tô, và do đó có khả năng ứng dụng trong công nghiệp cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ**1. Tầm thép, bao gồm:**

thành phần hóa học được thể hiện 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: nằm trong khoảng từ 0,05% hoặc ít hơn,

S: nằm trong khoảng từ 0,0200% hoặc ít hơn,

N: nằm trong khoảng từ 0,0060% hoặc ít hơn, và

phần còn lại: Fe và tạp chất; và

cấu trúc được thể hiện, theo tỷ lệ diện tích,

ferit: 30 đến 95%, và

bainit: 5 đến 70%, trong đó

khi vùng mà được bao quanh bởi ranh giới hạt có độ sai lệch định hướng 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 mỗi hạt có độ sai lệch định hướng nội hạt từ 5° đến 14° trên tất cả các hạt tinh thể là từ 20 đến 100% theo tỷ lệ diện tích,

tỷ lệ co trung bình của các cấu trúc hình elip tương đương với các hạt tinh thể là 5 hoặc ít hơn, và

mật độ phân bố trung bình của tổng lượng cacbua nền Ti và cacbua nền Nb mỗi loại có kích thước hạt 20 nm hoặc lớn hơn trên các ranh giới hạt ferit là 10 cacbua/ μm hoặc ít hơn.

2. Tấm thép theo điểm 1, trong đó:

độ bền kéo là 480MPa hoặc lớn hơn,

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

tỷ lệ phần trăm gãy giòn của bề mặt gãy đục lỗ là nhỏ hơn 20%.

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

thành phần hóa học có chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần 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 có chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần 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 có chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần 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 nhúng nóng.
8. Tấm thép được mạ theo điểm 6, trong đó lớp mạ là lớp mạ kẽm hợp kim nhúng nóng.

1/2

Fig.1A

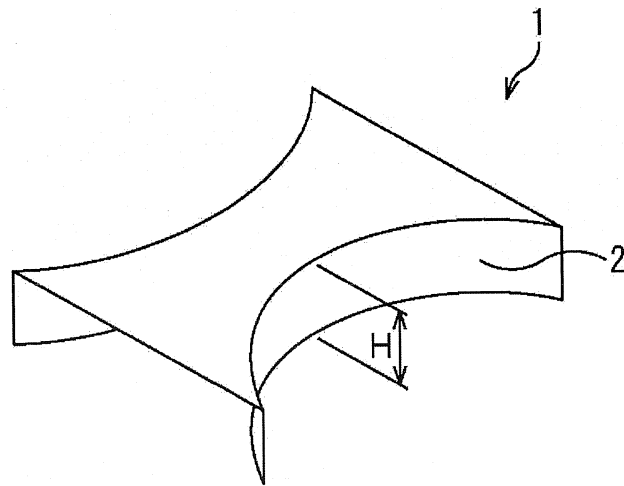


Fig.1B

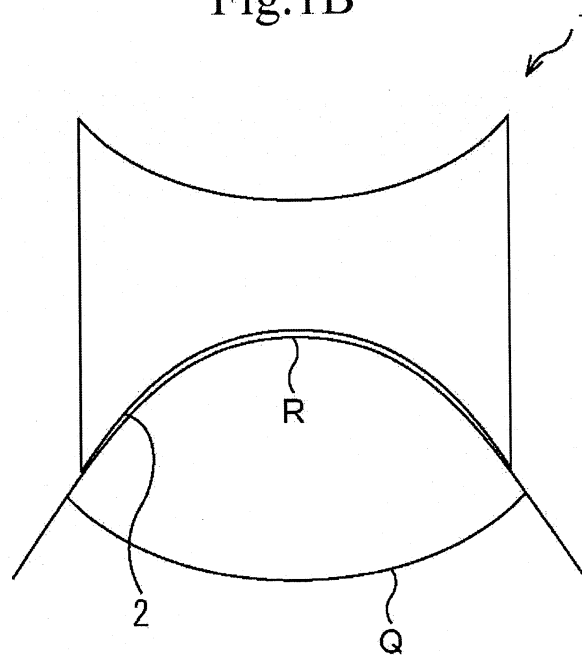


Fig.2

