



(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)



1-0033120

(51)⁷ C22C 38/00; C22C 38/58

(13) B

(21) 1-2017-03263

(22) 22/02/2016

(86) PCT/JP2016/055071 22/02/2016

(87) WO 2016/133222 A1 25/08/2016

(30) PCT/JP2015/054876 20/02/2015 JP

(45) 25/09/2022 414

(43) 27/11/2017 356A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

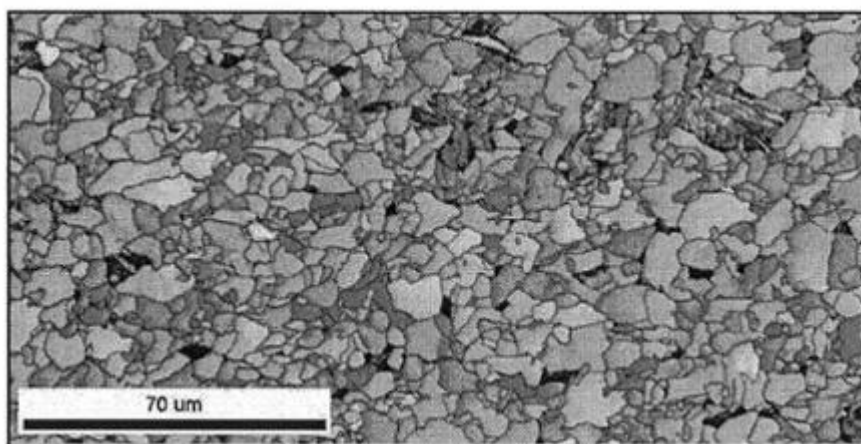
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

(72) SHUTO Hiroshi (JP); SUGIURA Natsuko (JP); YOSHIDA Mitsuru (JP); YOKOI Tatsuo (JP); WAKITA Masayuki (JP).

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

(54) TẤM THÉP ĐƯỢC CÁN NÓNG

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng bao gồm thành phần hóa học định trước, và tính theo tỷ lệ diện tích, cấu trúc của tấm thép này bao gồm: tổng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, trong đó trong cấu trúc này, trong trường hợp biên mà có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° được xác định là biên hạt, và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt, và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng 0,3 μm được xác định là hạt, thì tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° mà tính theo tỷ lệ diện tích là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng có khả năng gia công, độ bền chống ăn mòn sau khi phủ, và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V tuyệt vời, và cụ thể là sáng chế đề cập đến tấm thép được cán nóng có cấu trúc composit độ bền cao có khả năng kéo căng mép, độ bền chống ăn mòn sau khi phủ, và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V tuyệt vời.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, để thỏa mãn yêu cầu giảm trọng lượng của các chi tiết với mục đích cải thiện hiệu quả sử dụng nhiên liệu của các phương tiện, việc giảm độ dày bằng cách làm tăng độ bền của tấm thép chẳng hạn như hợp kim sắt mà được sử dụng làm các chi tiết, và việc ứng dụng các kim loại nhẹ chẳng hạn như hợp kim nhôm cho các chi tiết đã được tiến hành. Tuy nhiên, khi được so sánh với các kim loại nặng chẳng hạn như thép, thì các kim loại nhẹ chẳng hạn như hợp kim nhôm có lợi thế về độ bền riêng cao, nhưng chi phí sản xuất rất cao. Do đó, việc ứng dụng kim loại nhẹ chẳng hạn như hợp kim nhôm bị giới hạn ở các ứng dụng đặc biệt. Do đó, để áp dụng việc làm giảm trọng lượng các chi tiết ở phạm vi rộng hơn với chi phí sản xuất thấp hơn, thì cần phải giảm độ dày bằng cách làm tăng độ bền của tấm thép.

Khi tấm thép được tăng độ bền, các đặc tính vật liệu chẳng hạn như khả năng tạo hình (khả năng gia công) thường bị giảm. Do đó, trong việc cải thiện tấm thép có độ bền cao, vấn đề quan trọng là đạt được độ bền cao của tấm thép mà không làm giảm các đặc tính vật liệu. Cụ thể là, tấm thép được sử dụng làm các bộ phận của phương tiện chẳng hạn như chi tiết dạng tấm bên trong, các chi tiết kết cấu, và chi tiết treo yêu cầu khả năng tạo hình kéo căng mép, khả năng gia công cắt bavia, độ dẻo, độ bền mỏi, độ bền chống va đập, độ bền chống ăn mòn, và các đặc tính tương tự phụ thuộc vào việc ứng dụng, và quan trọng là thu được cả các đặc tính vật liệu và độ bền vật liệu này.

Ví dụ, trong số các bộ phận của phương tiện, các tấm thép được sử dụng

cho các chi tiết kết cấu, chi tiết treo, và các chi tiết tương tự, mà chiếm khoảng 20% trọng lượng thân phương tiện được tạo hình bằng cách ép chủ yếu dựa trên việc xử lý kéo căng mép và xử lý cắt bavia sau khi thực hiện công đoạn dập cắt và khoan bằng cách cắt hoặc đột dập. Do đó, khả năng kéo căng mép tuyệt vời được yêu cầu đối với các tấm thép này.

Đối với vấn đề được mô tả nêu trên, ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ tấm thép được cán nóng trong đó hệ số mactenxit, kích cỡ, mật độ hạt, và khoảng trống mactenxit trung bình được định rõ, và độ kéo dãn (độ dẻo) và khả năng mở rộng lỗ là tuyệt vời. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép được cán nóng mà thu được bằng cách giới hạn cỡ hạt trung bình của ferit và pha thứ hai và nồng độ cacbon của pha thứ hai, và có khả năng gia công cắt bavia tuyệt vời. Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ tấm thép được cán nóng mà thu được bằng cách ủ ở nhiệt độ thấp sau khi được giữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 750°C đến 600°C trong thời gian từ 2 đến 15 giây, và có khả năng gia công, chất lượng bề mặt, và độ phẳng tuyệt vời.

Tuy nhiên, trong tài liệu sáng chế 1, do tốc độ làm mát sơ cấp sẽ được thiết đặt để bằng hoặc lớn hơn 50°C/giây sau khi hoàn thành sự cán nóng, tải được đặt lên thiết bị tăng. Ngoài ra, trong trường hợp thiết đặt tốc độ làm mát sơ cấp để bằng hoặc lớn hơn 50°C/giây, có vấn đề là sự không đều trong các vật liệu nảy sinh bởi tốc độ làm mát không đều.

Ngoài ra, như được mô tả nêu trên, trong những năm gần đây, nhu cầu ứng dụng tấm thép có độ bền cao cho các bộ phận của phương tiện đã được yêu cầu. Trong trường hợp tấm thép có độ bền cao được tạo hình bằng cách ép nhờ gia công nguội, các vết rạn có khả năng xuất hiện tại cạnh của phần mà được thực hiện sự tạo hình kéo căng mép trong suốt quá trình tạo hình. Nguyên nhân là sự tăng cứng gia công xuất hiện chỉ trên phần cạnh do lực kéo tác dụng lên mặt cuối được đột dập tại thời điểm dập cắt. Trong giải pháp kỹ thuật liên quan, như phương pháp đánh giá thử nghiệm khả năng kéo căng mép, thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ đã được sử dụng. Tuy nhiên, trong thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ, sự nứt vỡ xuất hiện mà không do các lực kéo theo hướng chu vi gần như không xuất hiện; tuy nhiên, trong quá trình thực tế của các thành phần, sự phân

bố lực kéo là hiện có, và do đó gradien của lực kéo và ứng suất trong vùng lân cận của phần bị phá vỡ ảnh hưởng mức giới hạn phá vỡ. Do đó, liên quan đến tấm thép có độ bền cao, ngay cả khi khả năng kéo căng mép đủ được thể hiện trong thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ, trong trường hợp thực hiện sự ép nguội, sự nứt vỡ có thể xuất hiện do sự phân bố lực kéo.

Các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 bộc lộ rằng trong tất cả các sáng chế, khả năng mở rộng lỗ được cải thiện bằng cách chỉ xác định các cấu trúc được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học. Tuy nhiên, không rõ là khả năng kéo căng mép đủ có thể được đảm bảo ngay cả khi xét đến sự phân bố lực kéo hay không.

Trong các bộ phận của phương tiện, trong trường hợp tấm thép được sử dụng cho các thành phần mà có phần có sự tập trung ứng suất lớn chẳng hạn như phần khoan, trong số các thành phần yêu cầu độ an toàn cao chẳng hạn như bánh xe và chi tiết treo, còn yêu cầu các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V ngoài khả năng kéo căng mép được mô tả nêu trên. Ngoài ra, độ bền và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V của thành phần bị giảm khi độ dày tấm giảm do ăn mòn, và do đó thép được sử dụng cho các thành phần như được mô tả nêu trên cũng yêu cầu độ bền chống ăn mòn (độ bền chống ăn mòn sau khi phủ) sau sự chuyển hóa hóa học và phủ mạ điện.

Liên quan đến sự cải thiện các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V, đã được báo cáo rằng nó có hiệu quả trong việc thiết đặt cấu trúc cho cấu trúc composit có ferit và pha rắn sơ cấp dùng để làm giảm tốc độ lan truyền vết nứt. Ví dụ, tài liệu sáng chế 4 bộc lộ tấm thép trong đó các đặc tính bền mỏi của các vật liệu mà không có các vết khía hình chữ V và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V được thu nhận bằng cách phân tán bainit hoặc mactenxit cứng trong cấu trúc có ferit mịn làm pha sơ cấp. Tuy nhiên, trong tài liệu sáng chế 4, khả năng kéo căng mép hoàn toàn không được bộc lộ.

Ngoài ra, trong các tài liệu sáng chế 5 và 6, đã được báo cáo rằng tốc độ lan truyền vết nứt có thể được giảm bằng cách làm tăng tỷ lệ co của mactenxit trong cấu trúc composit. Tuy nhiên, các đối tượng của các tài liệu sáng chế được mô tả nêu trên là tấm thép, và do đó không có khả năng kéo căng mép tuyệt vời

được yêu cầu tại thời điểm tạo hình bằng cách ép các tấm thép mỏng. Do đó, khó khăn trong việc sử dụng tấm thép được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 5 và 6 là tấm thép dùng cho các phương tiện.

Ngoài ra, trong các tài liệu sáng chế 4, 5, và 6, để tạo ra cấu trúc composit của ferit và mactenxit, Si được bổ sung với mục đích thúc đẩy sự chuyển hóa ferit trong nhiều trường hợp. Tuy nhiên, tấm thép chứa Si có vấn đề là lớp gỉ có dạng sọc vẫn được gọi là lớp gỉ đỏ (lớp gỉ Si) được tạo ra trên bề mặt của tấm thép, và độ bền chống ăn mòn sau khi phủ bị giảm.

Như được mô tả nêu trên, rất khó trong việc thu được tấm thép thỏa mãn tất cả các đặc tính trong số khả năng kéo căng mép, các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V, và độ bền chống ăn mòn sau khi phủ mà được yêu cầu đối với các bộ phận của phương tiện.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: 2013-19048

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: 2001-303186

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: 2005-213566

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: H04-337026

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: 2005-320619

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số: H07-90478

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế đã được thực hiện xét đến các vấn đề được mô tả nêu trên.

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép được cán nóng có độ bền cao mà có độ bền chống ăn mòn tuyệt vời sau khi phủ, và có thể được ứng dụng cho chi tiết mà yêu cầu nghiêm ngặt về khả năng kéo căng mép và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V. Theo sáng chế, khả năng kéo căng mép nghĩa là giá trị được đánh giá bởi tích số của độ cao tạo hình lớn nhất H (mm) của phần mép và độ bền kéo (MPa) mà thu được từ kết quả của thử nghiệm bởi phương pháp thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa, mà là chỉ số của khả năng kéo căng

mép có xét đến sự phân bố lực kéo, và khả năng kéo căng mép tuyệt vời có nghĩa là tích số của độ cao tạo hình lớn nhất H (mm) và độ bền kéo (MPa) bằng hoặc lớn hơn 19500 (mm·MPa).

Ngoài ra, các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V tuyệt vời có nghĩa là tỷ lệ FL/TS của mức giới hạn bền mỏi với vết khía hình chữ V FL (MPa) với độ bền kéo TS (MPa), mà thu được bởi thử nghiệm bền mỏi với vết khía hình chữ V bằng hoặc lớn hơn 0,25. Ngoài ra, độ bền cao có nghĩa là độ bền kéo bằng hoặc lớn hơn 540 MPa. Ngoài ra, độ bền chống ăn mòn tuyệt vời sau khi phủ có nghĩa là độ rộng mảng tróc lớn nhất mà là chỉ số của độ bền chống ăn mòn sau khi phủ là nhỏ hơn hoặc bằng 4,0 mm.

Ngoài ra, trong giải pháp kỹ thuật liên quan, đã được biết rằng do khả năng kéo căng mép được cải thiện, nên độ dẻo bị giảm. Tuy nhiên, tấm thép được cán nóng theo sáng chế có khả năng kéo căng mép được cải thiện, và có thể thỏa mãn biểu thức $TS \times EL \geq 13500 \text{ MPa} \cdot \%$, mà là độ dẻo nhỏ nhất đặc trưng được yêu cầu đối với các bộ phận của phương tiện.

Cách thức giải quyết vấn đề

Theo các giải pháp kỹ thuật liên quan, sự cải thiện khả năng kéo căng mép (khả năng mở rộng lỗ) đã được thực hiện bằng cách kiểm soát thành phần bên trong, đồng nhất hóa cấu trúc, thống nhất hóa cấu trúc, và/hoặc giảm độ chênh lệch độ cứng giữa các cấu trúc, như được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3. Nói cách khác, trong giải pháp kỹ thuật liên quan, khả năng mở rộng lỗ hoặc các đặc tính tương tự đã được cải thiện bằng cách kiểm soát cấu trúc mà có thể được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học.

Liên quan đến vấn đề này, các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu chuyên sâu bằng cách tập trung vào độ lệch định hướng nội hạt trong các hạt có xét đến khả năng kéo căng mép có sự phân bố lực kéo mà không thể được cải thiện ngay cả bằng cách kiểm soát chỉ cấu trúc được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học. Do đó, được nhận thấy rằng có thể cải thiện rất tốt khả năng kéo căng mép bằng cách kiểm soát tỷ lệ của các hạt trong đó độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° đối với toàn bộ các hạt mà nằm trong phạm vi nhất định.

Sáng chế được thực hiện trên cơ sở các nhận biết nêu trên, và bản chất của sáng chế như sau đây.

(1) Tấm thép được cán nóng theo một khía cạnh của sáng chế chứa các nguyên tố sau làm thành phần hóa học, tính theo % khối lượng: C: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,070%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,60% đến 2,00%, Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%, Ti: nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,170%, Nb: nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,050%, Cr: nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0%, V: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,300%, Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%, Ni: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%, Mo: nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%, Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%, Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%, REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1000%, B: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%, Si: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%, P: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, S: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, và N: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, phần còn lại là Fe và các tạp chất; và trong đó, tính theo tỷ lệ diện tích, cấu trúc của tấm kim loại này bao gồm: tổng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, và trong đó trong cấu trúc, trong trường hợp biên mà có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° được xác định là biên hạt, và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt, và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng 0,3 μm được xác định là hạt, thì tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° mà tính theo tỷ lệ diện tích là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%.

(2) Trong tấm thép được cán nóng được mô tả trong mục (1) nêu trên, thành phần hóa học có thể bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: V: nằm trong khoảng từ 0,010% đến 0,300%, Cu: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,20%, Ni: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,60%, và Mo: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,00%.

(3) Trong tấm thép được cán nóng được mô tả trong mục (1) hoặc (2) nêu trên, thành phần hóa học có thể bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: Mg: nằm trong khoảng từ

0,0005% đến 0,0100%, Ca: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%, và REM: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1000%.

(4) Trong tấm thép được cán nóng được mô tả trong mục bất kỳ trong số các mục từ mục (1) đến mục (3) nêu trên, thành phần hóa học có thể bao gồm nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: B: nằm trong khoảng từ 0,0002% đến 0,0020%.

(5) Trong tấm thép được cán nóng được mô tả trong mục bất kỳ trong số các mục từ mục (1) đến mục (4) nêu trên, độ bền kéo có thể lớn hơn hoặc bằng 540 MPa, và tích số của độ bền kéo và độ cao tạo hình lớn nhất trong thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa có thể lớn hơn hoặc bằng 19500 mm·MPa.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Theo các khía cạnh được mô tả nêu trên của sáng chế, có thể tạo ra tấm thép được cán nóng độ bền cao mà có độ bền cao, mà có thể được ứng dụng cho chi tiết mà được yêu cầu nghiêm ngặt về khả năng kéo căng mép, và có khả năng kéo căng mép, các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V, và độ bền chống ăn mòn sau khi phủ tuyệt vời.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là kết quả phân tích thu được bởi EBSD tại phần t/4 (vị trí 1/4 độ dày từ bề mặt theo hướng độ dày tấm) của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế.

Fig.2 là sơ đồ thể hiện hình dạng của sản phẩm được tạo ra có dạng yên ngựa mà được sử dụng trong phương pháp thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa.

Fig.3 là sơ đồ thể hiện hình dạng của mẫu thử nghiệm độ bền mỏi được sử dụng để đánh giá các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, tấm thép được cán nóng (sau đây, được gọi là tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế trong một số trường hợp) của phương án theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế chứa các nguyên tố sau làm thành phần hóa học, tính theo % khối lượng: C: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,070%, Mn: nằm trong khoảng từ 0,60% đến 2,00%, Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%, Ti: nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,170%, Nb: nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,050%, và tùy ý một hoặc nhiều hơn một thành phần trong số Cr: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, V: nhỏ hơn hoặc bằng 0,300%, Cu: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%, Ni: nhỏ hơn hoặc bằng 2,00%, Mo: nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, Mg: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%, Ca: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, REM: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1000%, B: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0100%, Si: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%, P: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, S: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, và N: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, phần còn lại là Fe và các tạp chất; và tính theo tỷ lệ diện tích, cấu trúc của tấm kim loại này bao gồm: tổng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, và trong cấu trúc này, trong trường hợp biên mà có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° được xác định là biên hạt, và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt, và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng 0,3 μm được xác định là hạt, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° mà tính theo tỷ lệ diện tích là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%.

Đầu tiên, lý do để giới hạn thành phần hóa học của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế sẽ được mô tả. Lượng (%) của các nguyên tố tương ứng là dựa trên % trọng lượng.

C: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,070%

C là nguyên tố mà tạo ra chất kết tủa trên tấm thép bằng cách liên kết với Nb, Ti, và các nguyên tố tương tự, và đạt được sự cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường chất kết tủa. Ngoài ra, C ảnh hưởng lớn đến sự tạo ra mactenxit. Do đó, giới hạn dưới của lượng C được thiết đặt ở 0,020%. Giới hạn dưới của lượng C tốt hơn là 0,025%, và giới hạn dưới của lượng C tốt hơn nữa là 0,030%. Mặt khác, khi lượng C lớn hơn 0,070%, khả năng kéo căng mép và khả năng hàn bị giảm. Do đó, giới hạn trên của lượng C được thiết đặt ở 0,070%. Giới hạn

trên của lượng C tốt hơn là 0,065%, và giới hạn trên của lượng C tốt hơn là 0,060%.

Si: nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%

Si là nguyên tố mà làm giảm điểm nóng chảy của lớp gỉ, và tăng độ kết dính giữa lớp gỉ và thép nền kim loại nền (vật liệu nền). Khi lượng Si tăng lên, lớp gỉ xuất hiện và khả năng chuyển hóa hóa học bị giảm, mà khiến độ bền chống ăn mòn sau khi phủ bị giảm. Do đó, lượng Si được yêu cầu cần được giới hạn. Khi lượng Si lớn hơn 0,100%, độ bền chống ăn mòn sau khi phủ bị giảm đáng kể. Do đó, lượng Si bị giới hạn ở nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%. Giới hạn trên của lượng Si tốt hơn là 0,050%, và giới hạn trên của lượng Si tốt hơn nữa là 0,040%. Lượng Si có thể là 0%.

Mn: nằm trong khoảng từ 0,60% đến 2,00%

Mn là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường dung dịch rắn và/hoặc cải thiện độ thấm tôi của thép. Để thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn dưới của lượng Mn được thiết đặt ở 0,60%. Giới hạn dưới của lượng Mn tốt hơn là 0,70%, và giới hạn dưới của lượng Mn tốt hơn nữa là 0,80%. Mặt khác, khi lượng Mn lớn hơn 2,00%, khả năng kéo căng mép bị giảm. Do đó, giới hạn trên của lượng Mn được thiết đặt là 2,00%. Giới hạn trên của lượng Mn tốt hơn là 1,50%, và tốt hơn nữa là giới hạn trên của lượng Mn là 1,20%.

Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%

Al là nguyên tố có tác dụng làm tác nhân khử oxi hóa của thép nóng chảy. Ngoài ra, trong tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế, Al là nguyên tố có hiệu quả kiểm soát tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° để nằm trong khoảng từ 10% đến 60%. Được xem xét rằng hiệu quả nêu trên liên quan đến sự thật là Al có hiệu quả lớn trong việc làm tăng nhiệt độ Ar₃ của tấm thép, và do đó khi Al được chứa, lực kéo chuyển hóa được đặt lên hạt giảm. Để thu được các hiệu quả này, giới hạn dưới của lượng Al được thiết đặt ở 0,10%. Giới hạn dưới của lượng Al tốt hơn là 0,13%, và giới hạn dưới của lượng Al tốt hơn nữa là 0,15%. Mặt khác, lượng Al lớn hơn 1,00%, độ cứng và độ bền dai bị giảm đáng kể, và do đó sự nứt vỡ có

thể xuất hiện trong suốt quá trình cán. Do đó, giới hạn trên của lượng Al được thiết đặt ở 1,00%. Giới hạn trên của lượng Al tốt hơn là 0,50%, và giới hạn trên của lượng Al tốt hơn nữa là 0,40%.

Ti: nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,170%

Ti là nguyên tố mà được kết tủa với lượng nhỏ trong thép như cacbua và cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường chất kết tủa. Ngoài ra, Ti là nguyên tố để tạo cacbua (TiC) để cố định C, và giới hạn sự tạo ra sắt cacbua mà ảnh hưởng xấu tới khả năng kéo căng mép. Để thu được các hiệu quả được mô tả nêu trên, giới hạn dưới của lượng Ti được thiết đặt ở 0,015%. Giới hạn dưới của lượng Ti tốt hơn là 0,020%, và giới hạn dưới của lượng Ti tốt hơn nữa là 0,025%. Mặt khác, khi lượng Ti lớn hơn 0,170%, độ dẻo bị giảm. Do đó, giới hạn trên của lượng Ti được thiết đặt ở 0,170%. Giới hạn trên của lượng Ti tốt hơn là 0,150%, và giới hạn trên của lượng Ti tốt hơn nữa là 0,130%.

Nb: nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,050%

Nb là nguyên tố mà được kết tủa với lượng nhỏ trong thép như cacbua và cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường chất kết tủa. Ngoài ra, Nb là nguyên tố để tạo cacbua (NbC) để cố định C, và giới hạn sự tạo ra sắt cacbua mà ảnh hưởng xấu tới khả năng kéo căng mép. Để thu được các hiệu quả được mô tả nêu trên, giới hạn dưới của lượng Nb được thiết đặt ở 0,005%. Giới hạn dưới của lượng Nb tốt hơn là 0,010%, và giới hạn dưới của lượng Nb tốt hơn nữa là 0,015%. Mặt khác, khi lượng Nb lớn hơn 0,050%, độ dẻo bị giảm. Do đó, giới hạn trên của lượng Nb được thiết đặt ở 0,050%. Giới hạn trên của lượng Nb tốt hơn là 0,040%, và giới hạn trên của lượng Nb tốt hơn nữa là 0,030%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%

P là tạp chất. P khiến độ cứng, khả năng gia công, và khả năng hàn bị giảm, và do đó lượng này càng nhỏ thì càng tốt. Tuy nhiên, trong trường hợp lượng P lớn hơn 0,050%, khả năng kéo căng mép bị giảm đáng kể, và do đó lượng P bị giới hạn ở nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%. Lượng P tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,030%. Mặc dù, không cần xác định cụ thể giới hạn dưới của lượng P, nhưng việc làm giảm quá mức lượng P là không được mong muốn nếu xét về chi phí sản xuất, và do đó giới hạn dưới của lượng P có thể lớn hơn hoặc

bằng 0,005%.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%

S là nguyên tố mà không chỉ gây ra các vết rạn tại thời điểm cán nóng, mà còn tạo ra chất lẫn loại A mà làm cho khả năng kéo căng mép bị giảm. Do đó, lượng S càng nhỏ thì càng tốt. Tuy nhiên, khi lượng S lớn hơn 0,005%, khả năng kéo căng mép bị giảm đáng kể, và do đó giới hạn trên của lượng S bị giới hạn ở 0,005%. Lượng S tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,003%. Mặc dù, không cần xác định cụ thể giới hạn dưới của lượng S, nhưng việc làm giảm quá mức lượng S là không được mong muốn nếu xét về chi phí sản xuất, và do đó giới hạn dưới của lượng S có thể lớn hơn hoặc bằng 0,001%.

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%

N là nguyên tố mà tạo ra chất kết tủa với Ti, Nb hơn là C, và làm giảm Ti và Nb mà có lợi trong việc cố định C. Do đó, lượng N càng nhỏ thì càng tốt. Tuy nhiên, trong trường hợp lượng N lớn hơn 0,0060%, khả năng kéo căng mép bị giảm đáng kể, và do đó giới hạn trên của lượng N bị giới hạn ở 0,0060%. Lượng N tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%.

Các nguyên tố được mô tả nêu trên là các nguyên tố nền được chứa trong tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế, và thành phần hóa học mà chứa các nguyên tố nền này, phần còn lại là Fe và các tạp chất là thành phần nền của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế. Tuy nhiên, ngoài là các nguyên tố nền (thay vì phần Fe trong phần còn lại), tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế còn bao gồm, nếu cần thiết, một hoặc nhiều hơn một thành phần được chọn từ các thành phần hóa học trong số Cr, V, Cu, Ni, Mo, Mg, Ca, REM, và B (các nguyên tố lựa chọn) nằm trong khoảng được mô tả dưới đây. Tấm thép không nhất thiết phải chứa các nguyên tố sau đây, và do đó giới hạn dưới của lượng các nguyên tố này là 0%. Ngay cả khi các nguyên tố lựa chọn này bị nhiễm bẩn do không thể tránh được trong thép, hiệu quả trong phương án sáng chế không bị giảm.

Ở đây, các tạp chất là các nguyên tố bị nhiễm bẩn trong thép, mà có nguồn gốc từ các vật liệu thô chẳng hạn như quặng và phế liệu tại thời điểm sản xuất công nghiệp hợp kim, hoặc được tạo ra bởi các yếu tố trong quá trình sản

xuất, và các tạp chất này được chứa với lượng nằm trong khoảng được cho phép mà không làm ảnh hưởng xấu đến các đặc tính của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế.

Cr: nằm trong khoảng từ 0 đến 1,0%

Cr là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của tấm thép. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Cr tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,05%. Mặt khác, khi lượng Cr lớn hơn 1,0%, hiệu quả cải thiện độ bền bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa Cr, giới hạn trên của lượng Cr tốt hơn là 1,0%.

V: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,300%

V là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của tấm thép bằng cách tăng cường chất kết tủa hoặc tăng cường dung dịch rắn. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng V tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,010%. Mặt khác, khi lượng V lớn hơn 0,300%, hiệu quả cải thiện độ bền bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa V, giới hạn trên của lượng V tốt hơn là được thiết đặt ở 0,300%.

Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%

Cu là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của tấm thép bằng cách tăng cường chất kết tủa hoặc tăng cường dung dịch rắn. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Cu tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,01%. Mặt khác, khi lượng Cu lớn hơn 2,00%, hiệu quả cải thiện độ bền bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa Cu, giới hạn trên của lượng Cu tốt hơn là được thiết đặt ở 2,00%. Tuy nhiên, khi lượng Cu lớn hơn 1,20%, các khuyết tật do lớp gỉ có thể xuất hiện trên bề mặt của tấm thép. Do đó, giới hạn trên của lượng Cu tốt hơn là được thiết đặt ở 1,20%.

Ni: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%

Ni là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của tấm thép bằng cách tăng cường chất kết tủa hoặc tăng cường dung dịch rắn. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Ni tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,01%. Mặt khác, khi lượng Ni lớn hơn 2,00%, hiệu quả cải thiện độ bền bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Ngoài ra, độ dẻo cũng bị giảm đáng kể. Do đó, ngay cả trong trường hợp

chứa Ni, giới hạn trên của lượng Ni tốt hơn là được thiết đặt ở 2,00%. Khi lượng Ni lớn hơn 0,60%, độ dẻo bắt đầu bị giảm, và do đó giới hạn trên của lượng Ni tốt hơn là được thiết đặt ở 0,60%.

Mo: nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%

Mo là nguyên tố mà giúp cải thiện độ bền của tấm thép bằng cách tăng cường chất kết tủa hoặc tăng cường dung dịch rắn. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Mo tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,01%. Mặt khác, khi lượng Mo lớn hơn 1,00%, hiệu quả cải thiện độ bền bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa Mo, giới hạn trên của lượng Mo tốt hơn là được thiết đặt ở 1,00%.

Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%

Mg là nguyên tố mà giúp cải thiện khả năng gia công của tấm thép bằng cách kiểm soát việc tạo ra các chất lẫn phi kim loại mà trở thành điểm khởi nguồn của sự nứt vỡ và làm giảm khả năng gia công. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Mg tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,0005%. Mặt khác, khi lượng Mg lớn hơn 0,0100%, hiệu quả cải thiện khả năng gia công bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa Mg, giới hạn trên của lượng Mg tốt hơn là được thiết đặt ở 0,0100%.

Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%

Ca là nguyên tố mà giúp cải thiện khả năng gia công của tấm thép bằng cách kiểm soát việc tạo ra các chất lẫn phi kim loại mà trở thành điểm khởi nguồn của sự nứt vỡ và làm giảm khả năng gia công. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng Ca bằng hoặc lớn hơn 0,0005%. Mặt khác, khi lượng Ca lớn hơn 0,0100%, hiệu quả cải thiện khả năng gia công bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa Ca, giới hạn trên của lượng Ca tốt hơn là được thiết đặt ở 0,0100%.

REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1000%

REM (nguyên tố đất hiếm) là nguyên tố mà giúp cải thiện khả năng gia công của tấm thép bằng cách kiểm soát việc tạo ra các chất lẫn phi kim loại mà trở thành điểm khởi nguồn của sự nứt vỡ và làm giảm khả năng gia công. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng REM tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn

0,0005%. Mặt khác, khi lượng REM lớn hơn 0,1000%, hiệu quả cải thiện khả năng gia công bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa REM, giới hạn trên của lượng REM tốt hơn là được thiết đặt ở 0,1000%.

B: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%

B là nguyên tố mà bị tách rời tại biên hạt và giúp cải thiện độ cứng ở nhiệt độ thấp bằng cách tăng cường độ bền của biên hạt. Trong trường hợp thu được hiệu quả này, lượng B tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn 0,0002%. Mặt khác, khi lượng B lớn hơn 0,0100%, hiệu quả cải thiện độ cứng bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, ngay cả trong trường hợp chứa B, giới hạn trên của lượng B tốt hơn là được thiết đặt ở 0,0100%. Ngoài ra, B là nguyên tố giúp cải thiện đáng kể độ thấm tôi, và khi lượng B lớn hơn 0,0020%, hạt tỷ lệ có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° là lớn hơn 60% theo tỷ lệ diện tích. Do đó, giới hạn trên của lượng B tốt hơn là được thiết đặt ở 0,0020%.

Các nguyên tố được mô tả nêu trên có thể được chứa trong khoảng mà không làm ảnh hưởng tới hiệu quả trong phương án sáng chế. Ví dụ, các tác giả sáng chế đã xác nhận rằng Sn, Zr, Co, Zn, và W không làm ảnh hưởng đến hiệu quả trong phương án sáng chế ngay cả khi chúng được chứa với lượng tổng nhỏ hơn hoặc bằng 1%. Trong số các nguyên tố này, Sn tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05% xét về khía cạnh mà các khuyết tật có thể xuất hiện tại thời điểm cán nóng.

Tiếp theo, cấu trúc (cấu trúc kim tương học) của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế sẽ được mô tả.

Tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế tính theo tỷ lệ diện tích, cần chứa các cấu trúc trong đó: tổng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, trong cấu trúc được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học. Với cấu trúc này, có thể cải thiện độ bền và khả năng kéo căng mép mà được cân bằng tốt. Khi tổng lượng ferit và bainit là nhỏ hơn 80% theo tỷ lệ diện tích, độ cân bằng giữa độ bền và khả năng kéo căng mép bị giảm, và do đó $H \times TS$ mà là tích số của độ cao tạo hình lớn nhất H (mm) và độ bền kéo TS (MPa) bằng 19500 mm·MPa. Ngoài ra,

khi tổng tỷ lệ diện tích của ferit và bainit lớn hơn 98%, hoặc tỷ lệ diện tích của mactenxit là nhỏ hơn 2%, các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V bị giảm, và do đó mối quan hệ được thể hiện bởi $FL/TS \geq 0,25$ không thể được thỏa mãn. Ngoài ra, khi tỷ lệ diện tích của mactenxit lớn hơn 10%, khả năng kéo căng mép bị giảm. Mặc dù mỗi tỷ lệ trong số các tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) của ferit và bainit là không nhất thiết bị giới hạn, khi tỷ lệ của bainit lớn hơn 80%, độ dẻo có thể bị giảm, và do đó tỷ lệ của bainit tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 80%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 70%.

Cấu trúc trong phần còn lại không phải là ferit, bainit, và mactenxit không bị giới hạn cụ thể, và ví dụ, có thể là austenit, pearlit dư, hoặc tương tự. Tuy nhiên, tỷ lệ trong phần còn lại tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 10% theo tỷ lệ diện tích để giới hạn sự giảm khả năng kéo căng mép.

Cấu trúc tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) có thể thu được nhờ sử dụng phương pháp sau đây. Đầu tiên, mẫu được lấy từ tấm thép được cán nóng được khắc axit sử dụng nital. Sau khi khắc axit, hình ảnh cấu trúc thu được tại vị trí 1/4 độ dày trong trường quan sát bằng mắt $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ sử dụng kính hiển vi quang học được thực hiện phân tích hình ảnh, và nhờ đó thu được tỷ lệ diện tích của ferit và pearlit, và tổng tỷ lệ diện tích của bainit và mactenxit. Sau đó, với mẫu được khắc axit bởi dung dịch LePera, hình ảnh cấu trúc thu được tại vị trí 1/4 độ dày trong trường quan sát bằng mắt $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ được thực hiện phân tích hình ảnh sử dụng kính hiển vi quang học, và nhờ đó tổng tỷ lệ diện tích của austenit và mactenxit dư được tính toán.

Ngoài ra, với mẫu thu được bằng cách mài bề mặt tới độ sâu 1/4 độ dày từ phương pháp tuyến của mặt được cán, tỷ lệ thể tích của austenit dư thu được thông qua phép đo nhiễu xạ sử dụng tia X. Tỷ lệ thể tích của austenit dư tương đương với tỷ lệ diện tích, và do đó được thiết đặt là tỷ lệ diện tích của austenit dư.

Với phương pháp này, có thể thu được tỷ lệ diện tích của mỗi chất trong số ferit, bainit, mactenxit, austenit dư, và pearlit.

Trong tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế, cần thiết phải kiểm soát thêm cấu trúc được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học mà

nằm trong khoảng được mô tả nêu trên, và để kiểm soát tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° , thu được nhờ sử dụng phương pháp EBSD (phương pháp phân tích mẫu nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược) được sử dụng thường xuyên để phân tích định hướng tinh thể. Đặc biệt là, trong trường hợp biên hạt được xác định là biên mà có độ lệch định hướng bằng hoặc lớn hơn 15° , và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt, và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng $0,3\ \mu\text{m}$ được xác định là hạt, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được thiết đặt nằm trong khoảng từ 10% đến 60% theo tỷ lệ diện tích, đối với toàn bộ các hạt.

Các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nêu trên có hiệu quả trong việc thu được tấm thép mà có độ bền và khả năng gia công có độ cân bằng tuyệt vời, và do đó khi tỷ lệ được kiểm soát, có thể cải thiện rất tốt khả năng kéo căng mép trong khi vẫn duy trì độ bền mong muốn của tấm thép. Khi tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° là nhỏ hơn 10% theo tỷ lệ diện tích, khả năng kéo căng mép bị giảm. Ngoài ra, khi tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° lớn hơn 60% theo tỷ lệ diện tích, độ dẻo bị giảm.

Được xem xét rằng độ lệch định hướng nội hạt liên quan đến mật độ lệch mạng bên trong các hạt. Diễn hình là, độ tăng mật độ lệch mạng nội hạt khiến khả năng gia công bị giảm trong khi thu được sự cải thiện độ bền. Tuy nhiên, trong hạt trong đó độ lệch định hướng nội hạt được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 5° đến 14° , có thể cải thiện độ bền mà không làm giảm khả năng gia công. Do đó, trong tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được kiểm soát để nằm trong khoảng từ 10% đến 60%. Các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nhỏ hơn 5° là tuyệt vời về khả năng gia công, nhưng khó khăn trong việc làm tăng đáng kể độ bền, và các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt lớn hơn 14° là khác nhau về tính biến dạng, và do đó không thu được sự cải thiện khả năng kéo căng mép.

Tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ

5° đến 14° có thể được đo bởi phương pháp sau đây.

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

“Độ lệch định hướng nội hạt” theo sáng chế có nghĩa là “độ lệch định hướng hạt (GOS)” mà là sự phân tán định hướng trong các hạt, và thu được giá trị của nó làm giá trị trung bình của các sự định hướng tinh thể tham chiếu và các độ lệch định hướng của tất cả điểm đo trong số các điểm đo trong cùng hạt như được bộc lộ trong tài liệu phi sáng chế 1. Theo phương án sáng chế, sự định hướng tinh thể tham chiếu là sự định hướng thu được bằng cách lấy trung bình tất cả điểm đo trong số các điểm đo trong cùng hạt, giá trị của GOS có thể được tính toán nhờ sử dụng “phân tích OIM (nhãn hiệu đã được đăng ký) phiên bản 7.0.1” mà là phần mềm đi kèm với bộ phân tích EBSD.

Fig.1 là kết quả phân tích EBSD của vùng 100 $\mu\text{m} \times 100 \mu\text{m}$ trên mặt cắt đứng theo hướng cán, mà là phần t/4 của tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế. Trong Fig.1, vùng được bao quanh bởi biên hạt có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15°, và có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° như được thể hiện ở vùng có màu đen.

Theo phương án sáng chế, khả năng kéo căng mép được đánh giá sử

dụng phương pháp thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa trong đó sản phẩm được tạo ra có dạng yên ngựa được sử dụng. Đặc biệt là, sản phẩm được tạo ra có dạng yên ngựa mà mô phỏng hình dạng kéo căng mép được tạo ra từ phần đường thẳng và phần dạng cung như được thể hiện trên Fig.2 được ép, và khả năng kéo căng mép được đánh giá bởi độ cao tạo hình lớn nhất tại thời điểm này. Trong thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa theo phương án sáng chế, độ cao tạo hình lớn nhất H (mm) khi khoảng trống tại thời điểm đột dập phần góc được thiết đặt ở 11% được đo nhờ sử dụng sản phẩm được tạo kiểu yên ngựa trong đó bán kính cong R của góc được thiết đặt nằm trong khoảng từ 50 đến 60 mm, và góc mở θ được thiết đặt ở 120° . Ở đây, khoảng trống thể hiện tỷ lệ của khe giữa khuôn đột dập và máy đột dập, và độ dày của mẫu thử nghiệm. Thực tế là, khoảng trống được xác định bằng cách kết hợp dụng cụ đột dập và độ dày tấm, và do đó giá trị 11% có nghĩa là khoảng trống thỏa mãn khoảng từ 10,5% đến 11,5%. Sự có mặt của các vết rạn có độ dài $1/3$ độ dày tấm được quan sát bằng mắt sau khi tạo, và sau đó độ cao tạo hình giới hạn trong đó các vết rạn không xuất hiện được xác định là độ cao tạo hình lớn nhất.

Trong thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ mà được sử dụng làm phương pháp thử nghiệm tương ứng với khả năng tạo hình kéo căng mép trong giải pháp kỹ thuật liên quan, sự nứt vỡ xuất hiện mà không cần các lực kéo hầu như được phát triển theo hướng chu vi, và do đó lực kéo và gradien của ứng suất trong vùng lân cận của phần bị phá vỡ trong suốt thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ là khác với trong trường hợp tạo hình thực tế mép kéo căng. Ngoài ra, trong thử nghiệm khả năng mở rộng lỗ, sự đánh giá không phản ánh sự tạo hình kéo căng mép ban đầu, do đó, ví dụ, sự đánh giá được thực hiện khi sự đứt gãy phát triển theo hướng độ dày xuất hiện. Mặt khác, trong thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa được sử dụng theo phương án sáng chế, có thể đánh giá khả năng kéo căng mép có xét đến sự phân bố lực kéo, và do đó sự đánh giá phản ánh sự tạo hình kéo căng mép ban đầu có thể được thực hiện.

Trong tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế, tỷ lệ diện tích của mỗi trong số các cấu trúc của ferit và bainit mà được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học không liên quan trực tiếp đến tỷ lệ của các hạt mà có độ

lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° . Nói cách khác, ví dụ, ngay cả khi có tấm thép được cán nóng trong đó ferit và bainit có tỷ lệ diện tích với nhau, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° không nhất thiết phải giống nhau. Do đó, có thể thu được các đặc tính tương ứng với tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế chỉ bằng cách kiểm soát tỷ lệ diện tích ferit, tỷ lệ diện tích bainit, và tỷ lệ diện tích mactenxit. Điều này sẽ được mô tả chi tiết trong các ví dụ dưới đây.

Tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế có thể thu được nhờ sử dụng phương pháp sản xuất bao gồm quá trình cán nóng và quá trình làm mát như sau đây.

Liên quan đến quá trình cán nóng

Trong quá trình cán nóng, tấm thép được cán nóng thu được thông qua sự cán nóng sau khi gia nhiệt bản có thành phần hóa học được mô tả nêu trên. Nhiệt độ gia nhiệt bản tốt hơn là nằm trong khoảng từ $SRT_{min}^\circ C$, được thể hiện bởi biểu thức (a) sau đây, tới $1260^\circ C$.

$$SRT_{min} = 7000 / \{2,75 - \log([Ti] \times [C])\} - 273 \dots (a)$$

Ở đây, $[Ti]$ và $[C]$ trong biểu thức (a) thể hiện các lượng Ti và C, theo % khối lượng.

Tấm thép được cán nóng theo phương án sáng chế chứa Ti, và khi nhiệt độ gia nhiệt bản thấp hơn $SRT_{min}^\circ C$, Ti không được dung dịch hóa đủ. Khi Ti không được dung dịch hóa tại thời điểm gia nhiệt bản, khó khăn trong việc Ti bị kết tủa rất tốt dưới dạng cacbua (TiC) để cải thiện độ bền của thép bằng cách tăng cường chất kết tủa. Ngoài ra, khó khăn trong việc cố định C bằng cách tạo cacbua (TiC), và để giới hạn sự tạo ra sắt cacbua mà ảnh hưởng xấu đến khả năng kéo căng mép. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt bằng hoặc lớn hơn $1260^\circ C$ trong quá trình gia nhiệt bản, hiệu suất giảm do sự bong tróc, và do đó nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là được thiết đặt bằng hoặc nhỏ hơn $1260^\circ C$.

Trong trường hợp tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được thiết đặt nằm trong khoảng từ 10% đến 60%, trong quá trình cán nóng được thực hiện trên phôi tấm được gia nhiệt, nó có hiệu quả trong việc thiết đặt các lực kéo lũy tích trong phần sau (ba khuôn

cán cuối cùng) của quá trình cán hoàn thiện để nằm trong khoảng từ 0,5 đến 0,6, và sau đó thực hiện quá trình làm mát được mô tả dưới đây. Nguyên nhân là hạt có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được tạo ra bằng cách được chuyển hóa tại nhiệt độ tương đối thấp trong trạng thái mất cân bằng, và do đó có thể kiểm soát sự tạo ra hạt có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° bằng cách giới hạn mật độ lệch mạng của austenit trước khi chuyển hóa trong khoảng nhất định và giới hạn tốc độ làm mát sau khi chuyển hóa trong khoảng nhất định.

Nói cách khác, khi lực kéo lũy tích tại ba khuôn cán trong phần sau trong quá trình cán hoàn thiện, và công đoạn làm mát sau đó được kiểm soát, tần suất tạo hạt của hạt có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14°, và tốc độ phát triển sau đó có thể được kiểm soát, và do đó có thể kiểm soát tỷ lệ thể tích mà nhờ đó thu được. Đặc biệt hơn là, mật độ lệch mạng của austenit được thể hiện trong suốt quá trình cán hoàn thiện chủ yếu liên quan đến tần suất tạo hạt, và tốc độ làm mát sau khi cán chủ yếu liên quan đến tốc độ phát triển.

Khi lực kéo lũy tích tại ba khuôn cán trong phần sau trong quá trình cán hoàn thiện là nhỏ hơn 0,5, mật độ lệch mạng của austenit được thể hiện là không đủ, và tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° là nhỏ hơn 10%, mà không được ưu tiên. Ngoài ra, lực kéo lũy tích tại ba khuôn cán trong phần sau trong quá trình cán hoàn thiện lớn hơn 0,6, sự kết tinh lại của austenit xuất hiện trong suốt quá trình cán nóng, và do đó mật độ lệch mạng lũy tích tại thời điểm sự chuyển hóa giảm. Trong trường hợp này, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° là nhỏ hơn 10%, và do đó khoảng nêu trên là không được ưu tiên.

Lực kéo lũy tích (ϵ_{eff}) tại ba khuôn cán trong phần sau trong quá trình cán hoàn thiện theo phương án sáng chế có thể thu được theo phương trình (1) sau đây.

$$\epsilon_{eff} = \sum \epsilon_i(t, T) \dots (1)$$

Ở đây,

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

$$t_R = t_0 \cdot \exp(Q/RT),$$

$$t_0 = 8,46 \times 10^{-6},$$

$$Q = 183200 \text{ J, và}$$

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

t_0 là lực kéo lôgarit tại thời điểm giảm tốc độ cán, t là thời gian lũy tích ngay trước khi làm mát trong khuôn cán, và T là nhiệt độ cán trong khuôn cán.

Nhiệt độ kết thúc cán tốt hơn là bằng hoặc lớn hơn $Ar_3 + 30^\circ\text{C}$. Khi nhiệt độ kết thúc cán thấp hơn $Ar_3 + 30^\circ\text{C}$, trong trường hợp ferit được tạo ra trong một phần của cấu trúc do tình trạng không đều của thành phần trong tấm thép và nhiệt độ cán, ferit có thể được xử lý. Ferit bị biến dạng khiến độ dẻo bị giảm, và do đó là không được ưu tiên. Ngoài ra, khi nhiệt độ cán thấp hơn $Ar_3 + 30^\circ\text{C}$, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° trở nên quá mức, mà không được ưu tiên.

Ngoài ra, sự cán nóng bao gồm sự cán thô và quá trình cán hoàn thiện, và quá trình cán hoàn thiện tốt hơn là được thực hiện sử dụng máy cán tiếp đôi mà ở đó nhiều máy cán được bố trí thẳng hàng và cán liên tục theo một chiều để thu được độ dày mong muốn.

Ar_3 có thể được tính toán bởi biểu thức (2) sau đây dựa trên thành phần hóa học của tấm thép.

$$Ar_3 = 901 - 325 \times [C] + 33 \times [Si] + 287 \times [P] + 40 \times [Al] - 92 \times ([Mn] + [Mo] + [Cu]) - 46 \times ([Cr] + [Ni]) \dots (2)$$

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

Liên quan đến quá trình làm mát

Sau khi cán nóng, tấm thép được cán nóng được làm mát. Trong quá trình làm mát, tốt hơn là tấm thép được cán nóng sau khi hoàn thành quá trình cán nóng được làm mát (quá trình làm mát thứ nhất) xuống khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650°C đến 750°C ở tốc độ làm mát là lớn hơn hoặc bằng $10^\circ\text{C}/\text{giây}$, và tấm thép được cán nóng được giữ trong thời gian từ 3 đến 10 giây trong khoảng nhiệt độ này, và sau đó, tấm thép được cán nóng được làm mát (quá trình làm mát thứ hai) xuống 100°C ở tốc độ làm mát là lớn hơn hoặc bằng

30°C/giây.

Khi tốc độ làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất thấp hơn 10°C/giây, sự chuyển hóa xuất hiện trong trạng thái mất cân bằng ở nhiệt độ cao hơn khoảng nhiệt độ ưu tiên, và do đó tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° trở nên nhỏ hơn 10%, mà không được ưu tiên. Ngoài ra, khi nhiệt độ dừng làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất thấp hơn 650°C, thì sự chuyển hóa xuất hiện trong trạng thái mất cân bằng ở nhiệt độ thấp hơn khoảng nhiệt độ ưu tiên, và do đó tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° trở nên nhỏ hơn 10%, mà không được ưu tiên. Mặt khác, khi nhiệt độ dừng làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất cao hơn 750°C, thì sự chuyển hóa xuất hiện trong trạng thái mất cân bằng ở nhiệt độ cao hơn khoảng nhiệt độ ưu tiên, và do đó tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° trở nên nhỏ hơn 10%, mà không được ưu tiên. Ngoài ra, ngay cả khi thời gian giữ ngắn hơn 3 giây ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650°C đến 750°C, thì tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° trở nên nhỏ hơn 10%, mà không được ưu tiên. Khi thời gian giữ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650°C đến 750°C là lớn hơn 10 giây, thì sắt cacbua mà ảnh hưởng xấu đến khả năng kéo căng mép có khả năng xuất hiện, mà không được ưu tiên. Ngoài ra, khi tốc độ làm mát của quá trình làm mát thứ hai thấp hơn 30°C/giây, thì sắt cacbua mà ảnh hưởng xấu đến khả năng kéo căng mép có khả năng xuất hiện, mà không được ưu tiên. Ngoài ra, khi nhiệt độ dừng làm mát của quá trình làm mát thứ hai cao hơn 100°C, thì hệ số mactenxit là nhỏ hơn 2%, mà không được ưu tiên.

Mặc dù giới hạn trên của tốc độ làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất và quá trình làm mát thứ hai là không nhất thiết bị giới hạn, nhưng tốc độ làm mát có thể được thiết đặt bằng hoặc nhỏ hơn 200°C/giây có xét đến công suất thiết bị của trang thiết bị làm mát.

Theo phương pháp sản xuất được mô tả nêu trên, có thể thu được cấu trúc mà tính theo tỷ lệ diện tích bao gồm: tổng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, và trong đó tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14°

mà tính theo tỷ lệ diện tích là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%, khi biên mà có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° được xác định là biên hạt, và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng $0,3 \mu\text{m}$ được xác định là hạt.

Theo phương pháp sản xuất nêu trên, quan trọng là sự lệch mạng được xử lý được thực hiện đối với austenit bằng cách kiểm soát các điều kiện cán nóng, và sau đó sự lệch mạng được xử lý được thực hiện bằng cách kiểm soát các điều kiện làm mát còn lại một cách thích hợp. Đó là, mỗi điều kiện cán nóng và điều kiện làm mát đều có sự ảnh hưởng, quan trọng là kiểm soát các điều kiện này tại cùng thời điểm. Phương pháp đã biết có thể được sử dụng cho các điều kiện không phải là các điều kiện nêu trên, và không có sự giới hạn đặc biệt.

Ngoài ra, không có vấn đề ngay cả khi sự xử lý nhiệt được thực hiện miễn là tỷ lệ diện tích của cấu trúc nêu trên có thể được giữ.

Các ví dụ

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa trên các ví dụ của tấm thép được cán nóng theo sáng chế; tuy nhiên, sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ được mô tả dưới đây, và có thể được thực hiện bằng cách điều chỉnh thích hợp phạm vi mà có thể thỏa mãn mục đích trước khi và sau khi mô tả, mà tất cả được bao gồm trong phạm vi kỹ thuật theo sáng chế.

Trong các phương án sáng chế, đầu tiên, thép có thành phần được thể hiện trong bảng 1 sau đây mà được làm nóng chảy để tạo phôi tấm, phôi tấm được gia nhiệt, và được thực hiện cán nóng và cán thô, và sau đó, quá trình cán hoàn thiện được thực hiện dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 2 sau đây. Độ dày tấm sau khi quá trình cán hoàn thiện nằm trong khoảng từ 2,2 đến 3,4 mm. Ar3 ($^\circ\text{C}$) được thể hiện trong bảng 2 thu được từ thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 sử dụng biểu thức (2) sau đây.

$$\text{Ar3} = 970 - 325 \times [\text{C}] + 33 \times [\text{Si}] + 287 \times [\text{P}] + 40 \times [\text{Al}] - 92 \times ([\text{Mn}] + [\text{Mo}] + [\text{Cu}]) - 46 \times ([\text{Cr}] + [\text{Ni}]) \dots (2)$$

Ngoài ra, các lực kéo lũy tích tại ba khuôn cán cuối cùng thu được bởi biểu thức (1) sau đây.

$$\epsilon_{\text{eff}} = \sum \epsilon_i(t, T) \dots (1)$$

Ở đây,

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

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

$$\tau_0 = 8,46 \times 10^{-6},$$

$$Q = 183200 \text{ J}, \text{ và}$$

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

ε_{i0} là lực kéo lôgarit tại thời điểm giảm tốc độ cán, t là thời gian lũy tích ngay trước khi làm mát trong khuôn cán, và T là nhiệt độ cán trong khuôn cán.

Cột trống trong bảng 1 có nghĩa là giá trị phân tích nhỏ hơn giới hạn phát hiện.

Bảng 1

Số hiệu tầm thấp	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	Cr	N	V	Cu	Ni	Mo	Mg	Ca	REM	B
1	0,042	0,026	1,05	0,013	0,002	0,21	0,100	0,017	0,10	0,0034								
2	0,048	0,024	1,48	0,009	0,003	0,34	0,128	0,017	0,11	0,0027								
3	0,066	0,029	1,07	0,017	0,002	0,30	0,105	0,018	0,10	0,0024								
4	0,062	0,006	1,07	0,014	0,002	0,21	0,102	0,022	0,11	0,0033								
5	0,028	0,022	1,07	0,012	0,003	0,30	0,099	0,022	0,09	0,0028								
6	0,023	0,009	1,07	0,008	0,002	0,30	0,097	0,019	0,11	0,0028								
7	0,049	0,076	1,03	0,015	0,003	0,26	0,097	0,017	0,12	0,0030								
8	0,052	0,041	1,06	0,010	0,003	0,26	0,102	0,020	0,11	0,0030								
9	0,041	0,027	1,94	0,015	0,002	0,20	0,099	0,022	0,10	0,0029								
10	0,049	0,015	0,76	0,017	0,003	0,19	0,101	0,021	0,11	0,0031								
11	0,052	0,021	0,62	0,016	0,003	0,30	0,104	0,020	0,11	0,0036								
12	0,052	0,023	1,07	0,010	0,003	0,56	0,098	0,022	0,09	0,0034								
13	0,046	0,029	1,01	0,012	0,003	0,48	0,105	0,021	0,11	0,0031								
14	0,044	0,010	1,02	0,017	0,003	0,14	0,104	0,022	0,11	0,0025								
15	0,044	0,035	1,01	0,016	0,002	0,12	0,099	0,020	0,12	0,0036								
16	0,044	0,028	1,04	0,015	0,002	0,30	0,162	0,022	0,09	0,0034								
17	0,044	0,013	1,06	0,008	0,002	0,26	0,148	0,018	0,12	0,0030								
18	0,045	0,028	1,01	0,008	0,003	0,21	0,024	0,021	0,10	0,0025								
19	0,050	0,033	0,98	0,013	0,002	0,27	0,016	0,020	0,12	0,0024								
20	0,039	0,030	1,05	0,008	0,002	0,33	0,102	0,043	0,10	0,0036								
21	0,043	0,033	0,99	0,009	0,002	0,23	0,099	0,032	0,11	0,0032								
22	0,050	0,015	1,01	0,021	0,002	0,33	0,104	0,012	0,09	0,0033								
23	0,043	0,010	1,01	0,021	0,002	0,27	0,103	0,008	0,11	0,0032								
24	0,048	0,027	1,07	0,013	0,003	0,19	0,100	0,018		0,0029								
25	0,046	0,030	1,04	0,018	0,002	0,26	0,104	0,019	0,11	0,0024	0,106							
26	0,041	0,028	1,06	0,015	0,003	0,19	0,105	0,017	0,12	0,0030		0,092						
27	0,046	0,015	1,05	0,017	0,002	0,25	0,102	0,019	0,09	0,0033			0,129					
28	0,040	0,036	0,98	0,018	0,002	0,28	0,102	0,017	0,12	0,0030				0,127				
29	0,044	0,015	1,01	0,017	0,003	0,26	0,098	0,022	0,09	0,0027					0,002			
30	0,042	0,030	1,01	0,010	0,002	0,27	0,097	0,022	0,09	0,0033						0,002		
31	0,042	0,033	0,98	0,021	0,002	0,26	0,098	0,018	0,09	0,0026							0,002	0,0013
32	0,045	0,017	1,00	0,009	0,002	0,28	0,099	0,019	0,09	0,0024								
33	0,076	0,021	1,02	0,011	0,003	0,29	0,105	0,021	0,10	0,0029								
34	0,018	0,008	1,07	0,015	0,003	0,29	0,104	0,020	0,10	0,0029								
35	0,046	0,549	0,99	0,014	0,002	0,19	0,100	0,020	0,10	0,0025								
36	0,042	0,024	2,32	0,018	0,003	0,19	0,100	0,018	0,09	0,0026								
37	0,040	0,013	0,50	0,018	0,002	0,21	0,100	0,018	0,12	0,0030								
38	0,049	0,007	1,03	0,063	0,002	0,34	0,105	0,021	0,09	0,0032								
39	0,051	0,015	1,01	0,015	0,006	0,33	0,101	0,022	0,12	0,0028								
40	0,041	0,014	1,00	0,018	0,002	1,23	0,101	0,019	0,11	0,0026								
41	0,052	0,024	1,01	0,008	0,003	0,09	0,104	0,021	0,12	0,0029								
42	0,040	0,010	1,07	0,012	0,002	0,22	0,203	0,020	0,12	0,0035								
43	0,050	0,013	0,99	0,021	0,002	0,30	0,100	0,020	0,10	0,0025								
44	0,048	0,033	1,06	0,012	0,003	0,32	0,105	0,068	0,11	0,0027								
45	0,050	0,014	0,99	0,009	0,002	0,33	0,103	0,004	0,09	0,0029								
46	0,052	0,027	1,03	0,015	0,002	0,34	0,102	0,020	0,10	0,0069								

Bảng 2

Số thử nghiệm	Số hiệu tấm thép	SRTmin (°C)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Ar3 (°C)	Nhiệt độ sau khi cán (°C)	Các lực kéo tỷ lệ tại ba bước cuối cùng sau khi cán hoàn thiện (°C/s)	Tốc độ làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất (°C/giây)	Nhiệt độ dừng làm mát trong quá trình làm mát thứ nhất (°C)	Thời gian giữ tại khoảng nhiệt độ 850°C tới 750°C (giây)	Tốc độ làm mát trong quá trình làm mát thứ hai (°C/giây)	Nhiệt độ dừng làm mát trong quá trình làm mát thứ hai (°C)
1	1	1092	1225	799	885	0,58	55	730	6	37	70
2	2	1138	1212	781	895	0,54	63	684	5,2	48	43
3	3	1153	1236	794	895	0,53	47	707	5,4	54	59
4	4	1141	1237	790	885	0,57	58	704	5,2	39	61
5	5	1046	1233	805	806	0,53	51	704	6,5	46	50
6	6	1023	1216	805	893	0,53	34	715	5,6	43	41
7	7	1107	1213	802	884	0,53	41	724	5,9	53	46
8	8	1120	1232	796	899	0,56	71	707	5,7	46	54
9	9	1088	1216	718	895	0,53	72	712	5,7	37	42
10	10	1112	1227	823	881	0,55	41	721	5,9	53	38
11	11	1122	1231	839	892	0,55	32	715	6,3	50	58
12	12	1115	1229	808	891	0,57	51	718	5,2	57	46
13	13	1109	1216	812	892	0,55	38	719	5,2	49	43
14	14	1102	1238	799	902	0,55	49	728	5,6	49	49
15	15	1097	1217	799	893	0,55	49	704	6,3	46	46
16	16	1156	1226	804	895	0,55	49	702	5,7	44	47
17	17	1145	1223	797	886	0,54	33	728	6,4	56	40
18	18	952	1225	800	901	0,53	38	705	5,7	55	61
19	19	924	1236	805	882	0,58	55	706	5,4	55	41
20	20	1086	1221	804	884	0,53	36	702	6,5	41	73
21	21	1094	1218	804	885	0,53	40	700	6,4	35	33
22	22	1118	1232	807	885	0,53	68	704	5,5	40	69
23	23	1099	1217	806	889	0,56	71	711	6,5	53	36
24	24	1108	1218	799	909	0,57	35	716	5,9	35	75
25	25	1108	1238	802	893	0,57	69	711	5,8	41	53
26	26	1095	1228	789	896	0,53	50	703	6,3	38	49
27	27	1105	1235	795	888	0,55	38	700	6,6	36	48
28	28	1089	1217	798	909	0,53	68	702	5,6	47	47
29	29	1095	1234	805	886	0,55	41	708	5,9	53	68
30	30	1089	1215	805	901	0,54	71	724	6,6	56	45
31	31	1090	1235	811	903	0,54	66	714	6	41	76
32	32	1099	1219	805	902	0,58	28	707	5,4	40	67
34	1	1092	1219	799	826	0,56	61	729	5,6	46	65
35	1	1092	1230	799	903	0,65	45	710	5,7	45	69
36	1	1092	1235	799	888	0,48	70	700	5,6	46	40
37	1	1092	1214	799	887	0,53	8	707	5,2	48	71
38	1	1092	1213	799	910	0,58	47	783	6,2	49	61
39	1	1092	1210	799	899	0,58	37	642	6,4	41	38
41	1	1092	1237	799	899	0,58	31	729	2,4	44	47
43	1	1092	1217	799	882	0,53	41	720	5,3	54	239
44	33	1170	1222	795	894	0,54	63	718	5,3	49	52
45	34	1006	1228	808	909	0,58	30	714	6,1	42	62
46	35	1103	1236	820	882	0,58	69	719	6,6	34	59
47	36	1092	1233	884	891	0,55	52	701	5,4	48	60
48	37	1087	1236	850	884	0,54	30	712	5,4	50	44
49	38	1116	1236	818	883	0,53	36	710	6,5	53	58
50	39	1116	1212	804	895	0,54	71	720	5,2	36	50
51	40	Các vết rạn xảy ra trong quá trình cán									
52	41	1122	1217	792	903	0,55	54	713	6,1	48	38
53	42	1173	1221	797	896	0,57	70	717	5,8	44	52
54	43	884	1227	808	895	0,55	41	717	6,2	39	54
55	44	1114	1234	800	894	0,56	52	710	6,6	38	57
56	45	1116	1216	806	901	0,54	30	730	5,8	47	38
57	46	1120	1220	804	893	0,54	29	726	5,9	55	63

Đối với tấm thép được cán nóng thu được, tỷ lệ của mỗi cấu trúc (tỷ lệ diện tích), và tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được thu. Cấu trúc tỷ lệ (tỷ lệ diện tích) thu được nhờ sử dụng phương pháp sau đây. Đầu tiên, mẫu được lấy từ tấm thép được cán nóng được khắc axit sử dụng nital. Sau khi khắc axit, hình ảnh cấu trúc thu được tại vị trí 1/4 độ dày trong trường quan sát bằng mắt $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ sử dụng kính hiển vi quang học được thực hiện phân tích hình ảnh, và nhờ đó tỷ lệ diện tích của ferit và pearlit, và tổng tỷ lệ diện tích bainit và mactenxit được thu. Sau đó, với mẫu được khắc axit bởi dung dịch LePera, hình ảnh cấu trúc thu được tại vị trí 1/4 độ dày trong trường quan sát bằng mắt $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ sử dụng kính hiển vi quang học được thực hiện phân tích hình ảnh, và nhờ đó tổng tỷ lệ diện tích của austenit và mactenxit dư được tính toán.

Ngoài ra, với mẫu thu được bằng cách mài bề mặt tới độ sâu 1/4 độ dày từ phương pháp tuyến của mặt được cán, tỷ lệ thể tích của austenit dư thu được thông qua phép đo nhiễu xạ sử dụng tia X. Tỷ lệ thể tích của austenit dư tương đương với tỷ lệ diện tích, và do đó được thiết đặt làm tỷ lệ diện tích của austenit dư.

Với phương pháp này, thu được tỷ lệ diện tích của mỗi chất trong số ferit, bainit, mactenxit, austenit dư, và pearlit.

Ngoài ra, tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° được đo nhờ sử dụng phương pháp sau đây. Đầu tiên, liên quan đến mặt cắt đứng theo hướng cán của vị trí ở độ sâu 1/4 (vị trí t/4) độ dày từ bề mặt của tấm thép, vùng $200\ \mu\text{m}$ theo hướng cán, và $100\ \mu\text{m}$ theo phương pháp tuyến của bề mặt được cán được thực hiện phân tích EBSD ở khe đo $0,2\ \mu\text{m}$ để thu được thông tin định hướng tinh thể. Ở đây, phân tích EBSD được thực hiện sử dụng thiết bị mà được tạo cấu hình để bao gồm kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường nhiệt (JSM-7001F, của JEOL) và bộ dò EBSD (bộ dò HIKARI của TSL), ở tốc độ phân tích nằm trong khoảng từ 200 đến 300 điểm trên giây. Sau đó, đối với thông tin định hướng tinh thể thu được, vùng có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° và đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng $0,3\ \mu\text{m}$ được xác định là hạt, độ lệch định hướng

nội hạt trung bình của các hạt được tính toán, và thu được tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° . Hạt được xác định như được mô tả nêu trên và độ lệch định hướng nội hạt trung bình có thể được tính toán nhờ sử dụng phần mềm “phân tích OIM (nhãn hiệu đã được đăng ký)” được đi kèm theo bộ phân tích EBSD.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 3. Trong bảng 3, cấu trúc không phải là ferit, bainit, và mactenxit là pearlit hoặc austenit dư. Ngoài ra, liên quan đến thử nghiệm số 51, do sự rạn nứt xuất hiện trong suốt quá trình cán, nên không thể tiến hành thử nghiệm sau đó.

Tiếp theo, trong thử nghiệm độ bền kéo, thu được độ bền kéo và độ kéo dẫn. Theo sáng chế, độ bền kéo các đặc tính (độ bền kéo (TS) và độ kéo dẫn (El)) trong số các đặc tính cơ học được đánh giá dựa trên JIS Z 2241 (2011) sử dụng mẫu thử nghiệm số 5 trong JIS Z 2241 (2011) mà được thu thập theo chiều dọc mà vuông góc với chiều cán ở vị trí $1/4W$ hoặc vị trí $3/4W$ theo độ dày tấm. Như kết quả của thử nghiệm, khi TS bằng hoặc lớn hơn 540 MPa, được xác định rằng độ bền là thỏa mãn, và khi $TS \times El$ bằng hoặc lớn hơn 13500 MPa·%, được xác định rằng độ dẻo là thỏa mãn.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Tiếp theo, độ cao tạo hình lớn nhất thu được thông qua thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa. Ngoài ra, tích số của độ bền kéo (MPa) và độ cao tạo hình lớn nhất (mm) được đánh giá là chỉ số của khả năng kéo căng mép, và trong trường hợp tích số bằng hoặc lớn hơn 19500 mm·MPa, được xác định là tấm thép có khả năng kéo căng mép tuyệt vời. Thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa được tiến hành bằng cách thiết đặt khoảng trống tại thời điểm đột dập phần góc là 11% với sản phẩm được tạo kiểu yên ngựa, như được thể hiện trên Fig.2 trong đó bán kính cong R của góc được thiết đặt là 60 mm, và góc mở θ được thiết đặt ở 120° . Ngoài ra, sự có mặt của các vết rạn có độ dài $1/3$ độ dày tấm được quan sát bằng mắt sau khi tạo, và sau đó độ cao tạo hình giới hạn trong đó các vết rạn không xuất hiện được xác định là độ cao tạo hình lớn nhất.

Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Tiếp theo, để đánh giá các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V theo

chiều vuông góc với chiều cán, thử nghiệm độ bền mỗi được tiến hành bằng cách thu thập các mẫu thử nghiệm độ bền mỗi được tạo thành hình dạng như được thể hiện trên Fig.3 sao cho chiều vuông góc với chiều cán từ vị trí giống với vị trí mà ở đó các mẫu thử nghiệm độ bền kéo được thu thập trở thành cạnh dài. Các mẫu thử nghiệm độ bền mỗi được thể hiện trên Fig.3 là các mẫu thử nghiệm có vết khía hình chữ V được tạo ra để thu được độ bền mỗi của vật liệu được tạo khía hình chữ V. Các mẫu thử nghiệm độ bền mỗi được nối đất tới độ sâu khoảng 0,05 mm từ lớp ngoài cùng. Thử nghiệm độ bền mỗi trực kiểm soát ứng suất được tiến hành dưới các điều kiện của ứng suất tỷ lệ $R = 0,1$ và tần số 5 Hz, ứng suất mà không phá hủy sau khi 10 triệu chu kỳ được xác định là giới hạn bền mỗi với vết khía hình chữ V (FL) và các đặc tính bền mỗi với vết khía hình chữ V được đánh giá. Như kết quả của thử nghiệm, trong trường hợp mỗi quan hệ $FL/TS \geq 0,25$ được thỏa mãn, được xác định là các đặc tính bền mỗi với vết khía hình chữ V là tuyệt vời. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Tiếp theo, khả năng chuyển hóa hóa học và độ bền chống ăn mòn sau khi phủ được đánh giá.

Đặc biệt là, đầu tiên, tấm thép được tạo ra được thực hiện tẩy rửa, sau khi tẩy rửa tấm thép được thực hiện xử lý chuyển hóa hóa học phosphat để bám dính màng được phủ kẽm phosphat là $2,5 \text{ g/m}^2$, và tại giai đoạn này, việc xác định sự có mặt của “SUKE” và tỷ lệ P được thực hiện như sự đánh giá khả năng chuyển hóa hóa học. “SUKE” nghĩa là các phần mà trên đó màng được phủ nhờ sự chuyển hóa hóa học không được bám dính, và tỷ lệ P là giá trị được thể hiện bởi $P/(P + H)$, mà là tỷ lệ của cường độ nhiễu xạ tia X P của mặt phẳng phosphofilite (100) so với cường độ nhiễu xạ tia X H của mặt phẳng Hopite (020), được đo nhờ sử dụng thiết bị nhiễu xạ tia X.

Xử lý chuyển hóa hóa học phosphat là xử lý trong đó các dung dịch hóa học chẳng hạn như axit phosphoric và các ion Zn được sử dụng làm các thành phần chính, và là phản ứng hóa học để tạo ra các tinh thể được gọi là phosphofilite ($\text{FeZn}_2(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) giữa các ion Fe được tách rửa từ tấm thép và các dung dịch hóa học. Ngoài ra, các đặc điểm kỹ thuật của quá trình xử lý chuyển hóa hóa học phosphat như sau đây:

- (1) Các ion Fe được tách rửa để thúc đẩy phản ứng; và
- (2) Các tinh thể phosphofilite được tạo ra dày đặc trên bề mặt của tấm thép.

Cụ thể là, liên quan đến (1), khi các oxit thu được từ sự hình thành lớp gỉ Si duy trì trên bề mặt của tấm thép, do sự tách rửa Fe bị cản trở, các phần mà ở đó màng được phủ nhờ sự chuyển hóa không được bám dính được gọi là sự xuất hiện SUKE. Do đó, màng được phủ nhờ sự chuyển hóa hóa học bất thường mà không mong muốn được tạo ra trên bề mặt sắt được gọi là Hopite: $\text{Zn}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ có thể được tạo ra và chất lượng sau khi phủ giảm. Do đó, quan trọng là làm cho bề mặt bình thường sao cho Fe trên bề mặt của tấm thép được tách rửa bởi axit phosphoric và do đó các ion Fe được cấp đủ.

Sự có mặt của “SUKE” (phần không được phủ) được xác định thông qua việc quan sát sử dụng kính hiển vi điện tử quét. Đặc biệt là, việc quan sát được thực hiện ở độ phóng đại 1000 lần trong khoảng 20 trường quan sát, và trường hợp mà ở đó màng được phủ được bám dính đồng đều trên toàn bộ bề mặt và “SUKE” (các phần không được phủ) không được xác nhận được đánh giá là “A” (không). Ngoài ra, trường hợp mà ở đó trường quan sát trong đó “SUKE” (các phần không được phủ) được xác nhận nhỏ hơn hoặc bằng 5% được đánh giá là “B” (được xác nhận là mức độ nhẹ). Trường hợp mà ở đó trường quan sát trong đó “SUKE” (các phần không được phủ) được xác nhận là lớn hơn 5% được đánh giá là “C” (hiện có). Trong trường hợp của C, được xác định rằng khả năng chuyển hóa hóa học bị giảm.

Mặt khác, tỷ lệ P có thể được đo nhờ sử dụng thiết bị nhiễu xạ tia X. Tỷ lệ của cường độ nhiễu xạ tia X P của mặt phẳng phosphofilite (100) so với cường độ nhiễu xạ tia X H của mặt phẳng Hopite (020) thu được và được đánh giá là tỷ lệ $P = P/(P + H)$. Tỷ lệ P thể hiện tỷ lệ của hopite và phosphofilite trong màng được phủ thu được thông qua sự chuyển hóa hóa học, và do đó tỷ lệ P càng cao, phosphofilite càng nhiều, mà có nghĩa là các tinh thể phosphofilite được tạo ra dày đặc trên bề mặt của tấm thép. Điển hình là, mối quan hệ của tỷ lệ $P \geq 0,80$ được yêu cầu để thỏa mãn đặc tính chống ăn mòn và chất lượng phủ, và trong môi trường ăn mòn cao chẳng hạn như khu vực phun mù muối làm tan

tuyệt, mối quan hệ của tỷ lệ $P \geq 0,85$ được yêu cầu. Do đó, khi tỷ lệ P là nhỏ hơn 0,80, được xác định rằng khả năng chuyển hóa hóa học bị giảm. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Tiếp theo, độ bền chống ăn mòn sau khi phủ được đánh giá sử dụng các phương pháp sau đây.

Đầu tiên, công đoạn phủ mạ điện (độ dày 25 μm) được thực hiện trên tấm thép sau khi chuyển hóa hóa học, công đoạn xử lý phủ và ngâm được thực hiện ở 170°C trong 20 phút, màng được phủ lắng đọng bằng mạ điện được cắt bằng dao đầu nhọn với vết cắt 130 mm theo chiều dài đến khi tới thép nền (kim loại nền). Ngoài ra, việc phun mù muối nồng độ 5% được thực hiện liên tục trên tấm thép ở nhiệt độ 35°C trong 700 giờ dưới các điều kiện phun mù muối được mô tả trong JIS Z 2371. Sau khi phun mù muối, băng dính có độ rộng 24 mm (Nichiban 405 A-24 JIS Z 1522) được dán trên phần khía hình chữ V có độ dài 130 mm song song với phần khía hình chữ V, và độ rộng tróc lớp phủ lớn nhất khi băng dính được bóc được đo. Khi độ rộng tróc lớp phủ lớn nhất lớn hơn 4,0 mm, được xác định rằng độ bền chống ăn mòn sau khi phủ bị giảm. Các kết quả được thể hiện trong bảng 4.

Bảng 3

Số thử nghiệm	Tỷ lệ diện tích Ferrit (%)	Tỷ lệ diện tích Bainit (%)	Tổng tỷ lệ diện tích của Ferrit và Bainit (%)	Tỷ lệ diện tích Mactenxit (%)	Tỷ lệ các hạt có độ chênh lệch định hướng nằm trong khoảng từ 5° đến 14° (%)	Độ bền kéo TS (MPa)	Độ dẻo dai E(%)	Độ cao mép H(mm)
1	59	30	89	6	26	623	28,5	38,5
2	18	71	89	5	30	798	19,6	27,7
3	3	83	86	10	18	634	22,6	32,1
4	13	72	85	8	20	621	24,2	37,2
5	71	25	96	4	23	597	32,3	38,9
6	68	30	98	2	23	576	33,1	41,7
7	89	5	94	6	18	634	29,7	37,3
8	84	8	92	6	19	622	30,7	34,8
9	9	81	90	10	18	638	23,2	34
10	13	75	88	6	22	620	25,6	36,6
11	61	25	86	4	19	600	30,3	37,6
12	87	3	90	7	57	627	24,3	39,1
13	86	5	91	6	31	617	24,7	37,4
14	15	73	88	6	19	625	24,6	34,3
15	8	82	90	5	15	625	23	32,8
16	67	21	88	6	24	640	28,6	31,8
17	68	21	89	8	24	635	29,2	33
18	67	24	91	7	25	617	29,7	34,3
19	58	30	88	8	23	600	30,6	32,6
20	69	21	90	7	20	626	30,4	31,9
21	63	27	90	8	23	613	29,8	33,5
22	70	22	92	8	20	600	29,4	35,3
23	58	33	91	8	27	586	30,7	34,8
24	70	22	92	6	23	605	31	35,5
25	60	32	92	5	26	645	29,6	35,5
26	65	27	92	6	24	638	27,4	34,3
27	69	23	92	7	21	658	28,6	33,7
28	69	23	92	8	22	662	27,2	35
29	66	22	88	6	23	620	30,1	37,9
30	72	20	92	7	20	608	29,4	36
31	59	29	88	7	22	601	29,4	37,2
32	59	31	90	5	20	617	30,4	38,5
34	59	28	87	7	22	603	21,5	38,8
35	75	15	90	8	8	616	29,6	31,3
36	16	72	88	5	7	607	25,6	31,8
37	83	5	88	5	9	611	31,2	31,5
38	87	5	92	7	5	615	31,2	31,3
39	2	85	87	6	6	603	22,9	31,2
41	40	52	92	7	8	610	29,1	31,3
43	57	31	88	1	20	627	30,9	35,7
44	56	32	88	11	25	766	25,1	24,2
45	77	13	90	1	22	498	38,6	44,9
46	76	12	88	6	27	659	29,1	32,8
47	15	76	91	6	59	705	22,7	27,3
48	84	5	89	7	26	531	35,9	44,4
49	56	31	87	8	21	626	22	31,1
50	63	27	90	7	23	626	28,3	29,7
51	Các vết rạn xảy ra trong quá trình cán							
52	17	71	88	8	9	623	26,2	30,2
53	65	22	87	5	23	806	16,7	27
54	66	25	91	9	23	520	34,7	36,6
55	54	33	87	5	24	645	20,6	37,3
56	66	23	89	6	27	599	29,9	32
57	66	24	90	8	26	623	29,5	31

Bảng 4

Số thứ thử thử nghiệm	TS × EK(MPa·%)	TS × H (MPa·mm)	Giới hạn bền mối với vết khía hình chữ V FL(MPa)	FL/TS	Khả năng chuyển hóa hóa học		Độ bền chống ăn mòn sau khi phủ	Chú ý
					Sự hiện có của phân không được phủ	Tỷ lệ P		
1	17756	23986	224	0,36	A	0,95	1,6	Ví dụ theo sáng chế
2	15641	22105	239	0,30	A	0,95	1,2	Ví dụ theo sáng chế
3	14328	20351	247	0,39	A	0,98	1,4	Ví dụ theo sáng chế
4	15028	23101	217	0,35	A	0,95	1,5	Ví dụ theo sáng chế
5	19283	23223	167	0,28	A	0,95	1,4	Ví dụ theo sáng chế
6	19066	24019	150	0,26	A	0,98	1,1	Ví dụ theo sáng chế
7	18830	23648	216	0,34	A	0,90	1,9	Ví dụ theo sáng chế
8	19095	21646	199	0,32	B	0,86	2,2	Ví dụ theo sáng chế
9	14802	21692	262	0,41	A	0,93	1,5	Ví dụ theo sáng chế
10	15872	22692	192	0,31	A	0,99	1,2	Ví dụ theo sáng chế
11	18180	22560	174	0,29	A	0,94	1,3	Ví dụ theo sáng chế
12	15236	24516	232	0,37	A	0,97	1,4	Ví dụ theo sáng chế
13	15240	23076	210	0,34	A	0,96	1,2	Ví dụ theo sáng chế
14	15375	21438	206	0,33	A	0,97	1,3	Ví dụ theo sáng chế
15	14375	20500	225	0,36	A	0,95	1,5	Ví dụ theo sáng chế
16	18304	20352	205	0,32	A	0,98	1,3	Ví dụ theo sáng chế
17	18542	20955	216	0,34	A	0,94	1,7	Ví dụ theo sáng chế
18	18325	21163	210	0,34	A	0,92	1,7	Ví dụ theo sáng chế
19	18360	19560	222	0,37	A	0,91	1,8	Ví dụ theo sáng chế
20	19030	19969	244	0,39	A	0,92	1,6	Ví dụ theo sáng chế
21	18267	20536	221	0,36	A	0,91	1,6	Ví dụ theo sáng chế
22	17640	21180	234	0,39	A	0,94	1,4	Ví dụ theo sáng chế
23	17990	20393	223	0,38	A	0,98	1,0	Ví dụ theo sáng chế
24	18755	21478	188	0,31	A	0,94	1,7	Ví dụ theo sáng chế
25	19092	22898	194	0,30	A	0,96	1,3	Ví dụ theo sáng chế
26	17481	21883	211	0,33	A	0,93	1,5	Ví dụ theo sáng chế
27	18819	22175	250	0,38	A	0,97	1,2	Ví dụ theo sáng chế
28	18006	23170	238	0,36	A	0,94	1,7	Ví dụ theo sáng chế
29	18662	23498	211	0,34	A	0,93	1,4	Ví dụ theo sáng chế
30	17875	21888	219	0,36	A	0,96	1,3	Ví dụ theo sáng chế
31	17669	22357	228	0,38	A	0,96	1,2	Ví dụ theo sáng chế
32	18757	23755	204	0,33	A	0,96	1,1	Ví dụ theo sáng chế
34	12965	23396	217	0,36	A	0,92	1,5	Ví dụ so sánh
35	18234	19281	222	0,36	A	0,98	1,4	Ví dụ so sánh
36	15539	19303	194	0,32	A	0,95	1,3	Ví dụ so sánh
37	19063	19247	196	0,32	A	0,93	1,6	Ví dụ so sánh
38	19188	19250	209	0,34	A	0,92	1,4	Ví dụ so sánh
39	13809	18814	211	0,35	A	0,95	1,6	Ví dụ so sánh
41	17751	19093	214	0,35	A	0,93	1,7	Ví dụ so sánh
43	19374	22384	150	0,24	A	0,98	1,0	Ví dụ so sánh
44	19227	18537	337	0,44	A	0,93	1,8	Ví dụ so sánh
45	19223	22360	115	0,23	A	0,94	1,7	Ví dụ so sánh
46	19177	21615	231	0,35	C	0,76	4,9	Ví dụ so sánh
47	16004	19247	226	0,32	A	0,98	1,2	Ví dụ so sánh
48	19063	23576	202	0,38	A	0,94	1,3	Ví dụ so sánh
49	13772	19469	232	0,37	A	0,95	1,4	Ví dụ so sánh
50	17716	18592	207	0,33	A	0,97	1,1	Ví dụ so sánh
51	Các vật rắn xảy ra trong quá trình cán							Ví dụ so sánh
52	16323	18815	218	0,35	A	0,94	1,7	Ví dụ so sánh
53	13460	21762	258	0,32	A	0,96	1,1	Ví dụ so sánh
54	18044	19032	213	0,41	A	0,94	1,4	Ví dụ so sánh
55	13287	24059	219	0,34	A	0,97	1,3	Ví dụ so sánh
56	17910	19168	216	0,36	A	0,98	1,0	Ví dụ so sánh
57	18379	19313	243	0,39	A	0,96	1,3	Ví dụ so sánh

Hiện nhiên từ các kết quả trong các bảng 3 và 4, trong trường hợp thành phần hóa học được xác định theo sáng chế được cán nóng dưới các điều kiện ưu tiên (các thử nghiệm từ số 1 đến 32), có thể thu được tấm thép được cán nóng có độ bền cao mà tuyệt vời về khả năng kéo căng mép, độ bền chống ăn mòn sau khi phủ, và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V, trong đó độ bền bằng hoặc lớn hơn 540 MPa, và chỉ số của khả năng kéo căng mép bằng hoặc lớn hơn 19500 mm·MPa, $TS \times El$ là 13500 MPa·%, và mối quan hệ $FL/TS \geq 0,25$ được thỏa mãn, và độ rộng tróc lớp phủ lớn nhất là 4,0 mm.

Mặt khác, các thử nghiệm từ số 34 đến 39, 41, và 43 là các ví dụ trong đó các điều kiện sản xuất bị lệch khỏi khoảng ưu tiên, và do đó đối tượng bất kỳ hoặc cả hai đối tượng trong số cấu trúc được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi quang học và tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° không thỏa mãn khoảng theo sáng chế. Trong các ví dụ này, đặc tính bất kỳ trong số độ dẻo, khả năng kéo căng mép, và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V không thỏa mãn giá trị mục tiêu.

Ngoài ra, do các thử nghiệm từ số 44 đến 57 là các ví dụ trong đó thành phần hóa học nằm ngoài khoảng theo sáng chế, nên đặc tính bất kỳ trong số độ bền, độ dẻo, khả năng kéo căng mép, và các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V không thỏa mãn giá trị mục tiêu.

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép được cán nóng độ bền cao mà có độ bền cao và tuyệt vời về khả năng kéo căng mép, các đặc tính bền mỏi với vết khía hình chữ V, và độ bền chống ăn mòn sau khi phủ. Tấm thép giúp cải thiện hiệu quả sử dụng nhiên liệu của các phương tiện, và do đó có khả năng ứng dụng trong công nghiệp cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép được cán nóng chứa các nguyên tố sau làm thành phần hóa học, tính theo % khối lượng:

C: nằm trong khoảng từ 0,020% đến 0,070%,

Mn: nằm trong khoảng từ 0,60% đến 2,00%,

Al: nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%,

Ti: nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,170%,

Nb: nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,050%,

Cr: nằm trong khoảng từ 0% đến 1,0%,

V: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,300%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%,

Ni: nằm trong khoảng từ 0% đến 2,00%,

Mo: nằm trong khoảng từ 0% đến 1,00%,

Mg: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%,

Ca: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%,

REM: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,1000%,

B: nằm trong khoảng từ 0% đến 0,0100%,

Si: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%,

P: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%,

S: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%, và

N: được giới hạn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0060%, và

tùy chọn các nguyên tố Zr, Sn, Co, Zn và W với tổng lượng các nguyên tố này là nhỏ hơn hoặc bằng 1%,

phần còn lại là Fe và các tạp chất; và

trong đó, tính theo tỷ lệ diện tích, cấu trúc của tấm kim loại này bao gồm: bainit nằm trong khoảng từ 70% đến 80%, tổng lượng ferit và bainit nằm trong khoảng từ 80% đến 98%, và mactenxit nằm trong khoảng từ 2% đến 10%, và

trong đó, trong cấu trúc này, trong trường hợp biên mà có độ lệch định hướng là lớn hơn hoặc bằng 15° được xác định là biên hạt, và vùng mà được bao quanh bởi biên hạt, và có đường kính đường tròn tương đương là lớn hơn hoặc bằng

0,3 μm được xác định là hạt, thì tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° mà tính theo tỷ lệ diện tích là nằm trong khoảng từ 10% đến 60%;

trong đó, tỷ lệ diện tích thu được tại vị trí 1/4 độ dày trong trường quan sát bằng mắt là $300\ \mu\text{m} \times 300\ \mu\text{m}$ bằng cách sử dụng kính hiển vi quang học, và

tỷ lệ của các hạt mà có độ lệch định hướng nội hạt nằm trong khoảng từ 5° đến 14° thu được nhờ sử dụng phương pháp EBSD tại mặt cắt đứng của vị trí có độ sâu là $\frac{1}{4}$ độ dày tính từ bề mặt của tấm thép theo hướng cán, vùng 200 μm theo hướng cán, và 100 μm theo phương pháp tuyến của bề mặt được cán.

2. Tấm thép được cán nóng theo điểm 1, trong đó, thành phần hóa học của tấm thép này bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

V: nằm trong khoảng từ 0,010% đến 0,300%,

Cu: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,20%,

Ni: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,60%, và

Mo: nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,00%.

3. Tấm thép được cán nóng theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó, thành phần hóa học của tấm thép này bao gồm một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Mg: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%,

Ca: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%, và

REM: nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1000%.

4. Tấm thép được cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thành phần hóa học của tấm thép này bao gồm nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: B: nằm trong khoảng từ 0,0002% đến 0,0020%.

5. Tấm thép được cán nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 540 MPa, được xác định theo JIS Z 2241 (2011), và tích số của độ bền kéo và độ cao tạo hình lớn nhất trong thử nghiệm kéo căng mép kiểu yên ngựa lớn hơn hoặc bằng 19500 mm $\cdot$ MPa, như được xác định và được đo trong phần mô tả.

1/2

FIG. 1

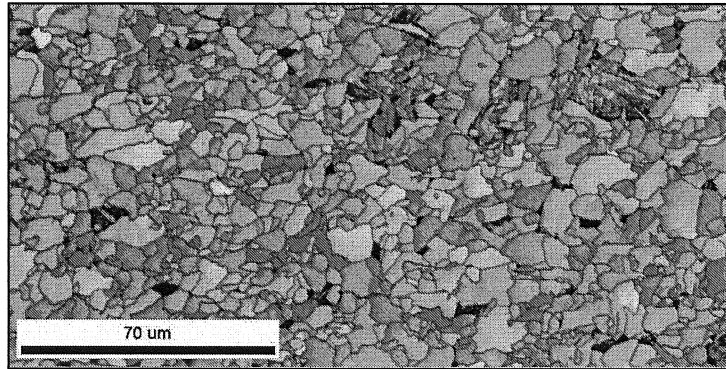


FIG. 2

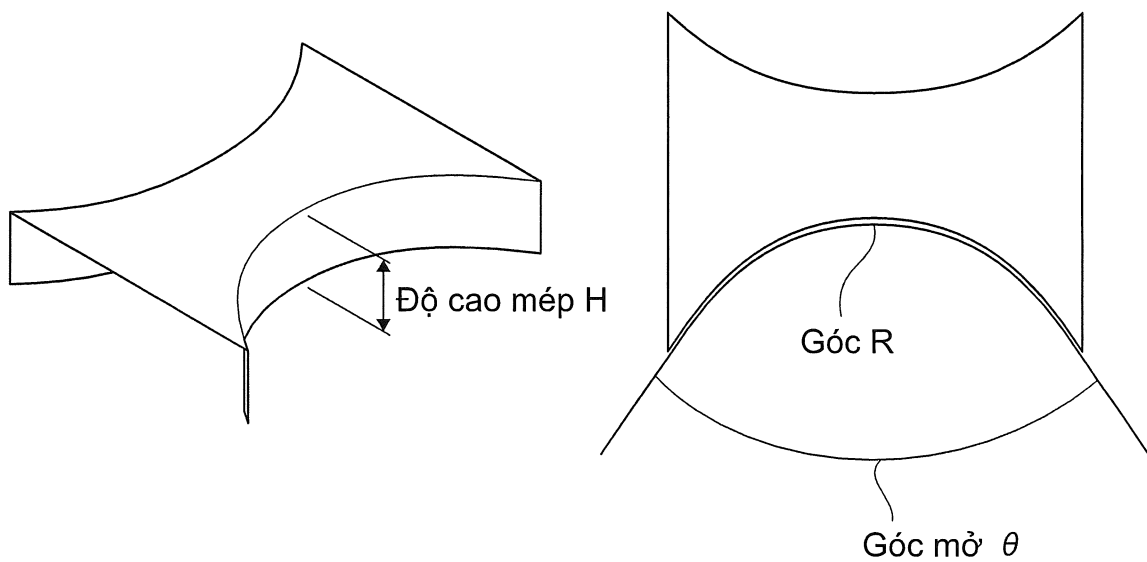


FIG. 3

