



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11) 
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ
1-0049191
(51)^{2022.01} C22C 38/00; C21D 9/46; C22C 38/60; (13) B
C22C 38/06; C21D 8/02

(21) 1-2023-06462 (22) 23/03/2022
(86) PCT/JP2022/013739 23/03/2022 (87) WO 2022/210219 06/10/2022
(30) 2021-056687 30/03/2021 JP
(45) 25/07/2025 448 (43) 26/02/2024 431
(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011, Japan
(72) HASEGAWA Hiroshi (JP); KIMURA Hideyuki (JP); UMINO Takanori (JP);
MORIYASU Noriaki (JP).
(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

(54) TẤM THÉP CÁN NÓNG CÓ ĐỘ BỀN CAO VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT
TẤM THÉP NÀY

(21) 1-2023-06462

(57) Sáng chế đề xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao có hiệu quả ưu việt trong việc hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong suốt quá trình uốn. Tấm thép cán nóng có độ bền cao có hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,02% đến 0,23%, Si: 0,10% đến 3,00%, Mn: 0,5% đến 3,5%, P: 0,100% hoặc nhỏ hơn, S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, và Al: 1,5% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, mà trong đó tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là từ 80% đến 100%, mật độ định hướng tối đa của các hạt là nhỏ hơn 2,5 trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày, và mật độ định hướng tối đa của các hạt là 2,5 hoặc lớn hơn trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng có độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này, và cụ thể, đề cập đến tấm thép cán nóng có độ bền cao thích hợp làm vật liệu cho các bộ phận của ô tô và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép được sử dụng cho các bộ phận của ô tô cần phải có độ bền cao hơn từ quan điểm cải thiện độ an toàn khi va chạm và tiết kiệm nhiên liệu của ô tô. Nói chung, việc gia tăng độ bền của các tấm thép làm giảm khả năng gia công của chúng; do đó, các tấm thép cần phải có độ bền cao và khả năng gia công ưu việt. Các tấm thép cán nóng có độ bền kéo lớn hơn 980 MPa thường được trải qua cách quá trình tạo hình, cụ thể là tạo hình uốn cho các thành phần chẳng hạn như các phần khung. Do đó, khả năng gia công uốn ưu việt được yêu cầu đặc biệt. Trong các quá trình uốn, điều quan trọng là không chỉ phải hạn chế đáng kể vết nứt mà làm suy giảm đáng kể độ an toàn khi va chạm mà còn phải hạn chế các nếp nhăn xét về mặt thẩm mỹ và khả năng chống mối. Nhiều tấm thép cán nóng khác nhau đã được phát triển để giải quyết các vấn đề này.

Tài liệu sáng chế 1 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội có độ dẻo và khả năng uốn ưu việt và có độ bền kéo là 780 MPa hoặc lớn hơn bằng cách điều chỉnh các nguyên tố tạo hợp kim đến các phạm vi thích hợp, thiết lập tỷ phần thể tích của ferit đến phạm vi từ 60% đến 80%, và kiểm soát tỷ lệ độ cứng nano của ferit trên độ cứng nano của pha được chuyển hóa ở nhiệt độ thấp đến phạm vi nhất định. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến tấm thép mạ kẽm nhúng nóng có khả năng gia công uốn được cải thiện mà thu được bằng cách thiết lập lượng C đến phạm vi từ 0,07 đến 0,25 % theo khối lượng, điều chỉnh thích hợp các nguyên tố tạo hợp kim khác, và kết hợp thích hợp tỷ phần diện tích của mỗi pha của tấm thép cấu trúc tế vi, kích cỡ hạt trung bình của pha mactensit, sự biến thiên về độ cứng Vickers,

và v.v. Tài liệu sáng chế 3 bộc lộ kỹ thuật liên quan đến tấm thép cán nóng có độ dẻo ưu việt thu được bằng cách kiểm soát sự định hướng sai lệch của các hạt.

Danh sách tài liệu viện dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2009-167467

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn quốc tế số 2016/129213

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn sáng chế Nhật Bản số 2016-204690

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, trong tài liệu sáng chế 1, vì có chứa lượng lớn ferit, nên giới hạn chảy (YS) thấp, và không thể nói rằng tấm thép có đủ độ bền cần thiết để chống va chạm. Ngoài ra, không thể nói rằng kỹ thuật của tài liệu sáng chế 1 có thể được sử dụng cho tấm thép cán nóng có kết cấu khác biệt đáng kể, và vẫn còn chỗ để cải tiến. Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ sự cải tiến trong tấm thép mạ kẽm nhúng nóng mà trong đó sự xuất hiện của các nếp nhăn (các mẫu hình dạng vết sọc) do sự phân tầng Mn trở thành một vấn đề, và không gợi ý bất kỳ điều gì về tấm thép cán nóng. Ngoài ra, không thể nói rằng kỹ thuật của tài liệu sáng chế 2 có thể được sử dụng cho tấm thép cán nóng có kết cấu khác biệt đáng kể, và vẫn còn chỗ để cải tiến. Trong tài liệu sáng chế 3, mặc dù có thể thu được độ dẻo ưu việt bằng cách kiểm soát sự định hướng tinh thể, nhưng chưa có nghiên cứu nào được thực hiện về các nếp nhăn trong quá trình uốn, và vẫn còn chỗ để cải tiến.

Sáng chế được thực hiện để giải quyết các vấn đề trên và mục tiêu của sáng chế là đề xuất ra tấm thép cán nóng có độ bền cao có hiệu quả ưu việt trong việc hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn.

Một mục đích khác của sáng chế là đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao được mô tả ở trên.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu chuyên sâu về các điều kiện xuất hiện của các nếp nhăn trong quá trình uốn. Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn được hạn chế đáng kể bằng cách kiểm soát hợp phần hóa học và kết cấu của lớp bề mặt của tấm thép trong các phạm vi cụ thể. Những phát hiện này đã dẫn tới việc hoàn thành sáng chế.

Theo sáng chế, độ bền cao có nghĩa là độ bền kéo (TS) là 980 MPa hoặc lớn hơn và giới hạn chảy (YS) là 800 MPa hoặc lớn hơn.

Theo sáng chế, cụm từ "hiệu quả ưu việt trong việc hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn" biểu thị rằng R/t thu được bằng cách chia bán kính uốn tối thiểu R mà tại đó vết nứt và nếp nhăn không xuất hiện trong quá trình uốn cho độ dày tấm t là 3,0 hoặc nhỏ hơn.

Sáng chế có các dấu hiệu kỹ thuật sau đây

[1] Tấm thép cán nóng có độ bền cao có hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng:

C: 0,02% đến 0,23%,

Si: 0,10% đến 3,00%,

Mn: 0,5% đến 3,5%,

P: 0,100% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 1,5% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

mà trong đó tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là từ 80% đến 100%, mật độ định hướng tối đa của các hạt là nhỏ hơn 2,5 trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày, và mật độ định hướng tối đa của các hạt là 2,5 hoặc lớn hơn trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày.

[2] Trong tấm thép cán nóng có độ bền cao được mô tả theo mục [1], hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ, theo % khối lượng:

Cr: 0,005% đến 2,0%,
 Mo: 0,05% đến 2,0%,
 V: 0,05% đến 1,0%,
 Cu: 0,05% đến 4,0%,
 Ni: 0,005% đến 2,0%,
 Ti: 0,005% đến 0,20%,
 Nb: 0,005% đến 0,20%,
 B: 0,0003% đến 0,0050%,
 Ca: 0,0001% đến 0,0050%,
 REM: 0,0001% đến 0,0050%,
 Sb: 0,0010% đến 0,10%, và
 Sn: 0,0010% đến 0,50%.

[3] Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao bao gồm gia nhiệt phối tấm có hợp phần hóa học được mô tả theo mục [1] hoặc [2], thực hiện việc cán thô, sau đó thực hiện việc cán hoàn thiện dưới các điều kiện mà trong đó tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 50% hoặc lớn hơn, tổng số lần cán qua trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 3 lần cán qua hoặc nhiều hơn, nhiệt độ cán qua cuối cùng là từ 750°C đến 900°C, và tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C là 35% hoặc nhỏ hơn, thực hiện việc làm mát dưới các điều kiện mà trong đó thời gian làm mát tự nhiên sau khi hoàn thành việc cán hoàn thiện là 2,0 giây hoặc nhỏ hơn và tốc độ làm mát trung bình đến nhiệt độ 550°C là 50°C/giây hoặc lớn hơn, thực hiện việc làm mát tại tốc độ làm mát trung bình là 100°C/giây hoặc lớn hơn trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C, và thực hiện việc cuộn ở 300°C hoặc thấp hơn.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, tấm thép cán nóng có độ bền cao có hiệu quả ưu việt trong việc

hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn được đề xuất (sau đây được gọi là "khả năng chống nhăn khi uốn").

Theo sáng chế, tấm thép cán nóng có độ bền cao mà phù hợp làm vật liệu cho các bộ phận của ô tô và có chống nhăn khi uốn ưu việt được đề xuất. Việc sử dụng tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế cho phép sản xuất, ví dụ, các bộ phận của ô tô có độ bền cao mà không có vết nứt hoặc nếp nhăn do uốn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tấm thép cán nóng có độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Sáng chế không bị giới hạn ở những phương án này.

<Tấm thép cán nóng có độ bền cao>

Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế có thể là tấm thép cán nóng không được tẩy gỉ, mà chỉ được cán nóng, hoặc tấm thép cán nóng được tẩy gỉ, mà còn được tẩy gỉ sau khi cán nóng. Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế tốt hơn là có độ dày là 0,6 mm hoặc lớn hơn. Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế tốt hơn là có độ dày là 10,0 mm hoặc nhỏ hơn. Khi tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế được sử dụng làm vật liệu cho các bộ phận của ô tô, độ dày tốt hơn nữa là 1,0 mm hoặc lớn hơn. Khi tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế được sử dụng làm vật liệu cho các bộ phận của ô tô, độ dày tốt hơn nữa là 6,0 mm hoặc nhỏ hơn. Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế tốt hơn là có chiều rộng là 500 mm hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 700 mm hoặc lớn hơn. Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế tốt hơn là có chiều rộng là 1800 mm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1400 mm hoặc nhỏ hơn.

Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế có hợp phần hóa học cụ thể và cấu trúc tế vi thép cụ thể. Trong bản mô tả này, hợp phần hóa học và cấu trúc tế vi thép sẽ lần lượt được mô tả.

Trước tiên, hợp phần hóa học của tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế sẽ được mô tả. Trong bản mô tả này, "%" đại diện cho hàm lượng thành phần của hợp phần hóa học dùng để chỉ "%" theo khối lượng".

Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế có hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,02% đến 0,23%, Si: 0,10% đến 3,00%, Mn: 0,5% đến 3,5%, P: 0,100% hoặc nhỏ hơn, S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, và Al: 1,5% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

C: 0,02% đến 0,23%

C là nguyên tố có hiệu quả trong việc hình thành và hóa bền bainit và mactensit để làm tăng TS và YS. Hàm lượng C nhỏ hơn 0,02% không cung cấp đủ hiệu quả và không đạt được TS là 980 MPa hoặc cao hơn. Hàm lượng C lớn hơn 0,23% dẫn đến sự phát triển rõ rệt của kết cấu lớp bề mặt của tấm thép, làm không đạt được khả năng chống nhăn khi uốn mong muốn. Theo đó, hàm lượng C là từ 0,02% đến 0,23%. Hàm lượng C tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn từ quan điểm more đạt ổn định TS là 980 MPa hoặc lớn hơn, và tốt hơn là 0,06% hoặc lớn hơn từ quan điểm đạt ổn định TS là 1,180 MPa hoặc lớn hơn. Từ quan điểm chống nhăn khi uốn, hàm lượng C tốt hơn là 0,22% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,20% hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,10% đến 3,00%

Si là nguyên tố có hiệu quả trong việc tăng độ bền của thép thông qua việc hóa bền dung dịch rắn và hạn chế việc làm mềm bằng quá trình ram của mactensit để làm tăng TS và YS. Si là nguyên tố also có hiệu quả trong việc hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn tại thời điểm uốn. Để cung cấp hiệu quả này, hàm lượng Si cần phải là 0,10% hoặc lớn hơn. Mặt khác, hàm lượng Si lớn hơn 3,00% dẫn đến sự hình thành quá mức của ferit đa giác, không thu được cấu trúc tế vi thép của sáng chế. Theo đó, hàm lượng Si là từ 0,10% đến 3,00%. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,20% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 2,00% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 1,50% hoặc nhỏ hơn.

Mn: 0,5% đến 3,5%

Mn là nguyên tố có hiệu quả trong việc hình thành mactensit và bainit để làm tăng TS và YS. Hàm lượng Mn nhỏ hơn 0,5% không đủ để tạo ra hiệu quả này, và ferit đa giác hoặc tương tự được hình thành, không tạo thành cấu trúc tế vi theo sáng chế.

Mặt khác, hàm lượng Mn lớn hơn 3,5% dẫn đến sự phát triển rõ rệt của kết cấu lớp bề mặt của tấm thép, làm không đạt được khả năng chống nhăn khi uốn mong muốn. Theo đó, hàm lượng Mn là từ 0,5% đến 3,5%. Hàm lượng Mn tốt hơn là 1,0% hoặc lớn hơn từ quan điểm đạt ổn định TS hơn là 980 MPa hoặc lớn hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là 3,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 2,3% hoặc nhỏ hơn, từ quan điểm chống nhăn khi uốn.

P: 0,100% hoặc nhỏ hơn

P gây ra sự hóa giòn của thép, do đó thúc đẩy hiện tượng nứt uốn. Do đó, lượng của nó tốt hơn là được giảm thiểu càng nhiều càng tốt. Theo sáng chế, có thể cho phép hàm lượng P lên đến 0,100%. Theo đó, hàm lượng P là 0,100% hoặc nhỏ hơn (ngoại trừ 0%). Hàm lượng P tốt hơn là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới không được chỉ định cụ thể, nhưng ưu tiên hàm lượng P là 0,001% hoặc lớn hơn bởi vì hàm lượng P nhỏ hơn 0,001% dẫn đến sự suy giảm hiệu quả sản xuất.

S: 0,02% hoặc nhỏ hơn

S gây ra sự hóa giòn của thép, do đó thúc đẩy hiện tượng nứt uốn. Do đó, lượng của nó tốt hơn là được giảm thiểu càng nhiều càng tốt. Theo sáng chế, có thể cho phép hàm lượng S lên đến 0,02%. Theo đó, hàm lượng S là 0,02% hoặc nhỏ hơn (ngoại trừ 0%). Hàm lượng S tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới không được chỉ định cụ thể, nhưng ưu tiên hàm lượng S là 0,0002% hoặc lớn hơn bởi vì hàm lượng S nhỏ hơn 0,0002% dẫn đến sự suy giảm về hiệu quả sản xuất.

Al: 1,5% hoặc nhỏ hơn

Al đóng vai trò là tác nhân khử oxy và tốt hơn là được bổ sung trong bước khử oxy. Từ quan điểm sử dụng Al làm tác nhân khử oxy, hàm lượng Al tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, việc chứa lượng lớn Al dẫn đến sự hình thành của lượng lớn ferit đa giác, không thu được cấu trúc tế vi thép của sáng chế. Theo sáng chế, có thể cho phép hàm lượng Al lên đến 1,5%. Theo đó, hàm lượng Al là 1,5% hoặc nhỏ hơn (ngoại trừ 0%). Hàm lượng Al tốt hơn là 0,50% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,30%

hoặc nhỏ hơn, còn tốt hơn nữa là 0,10% hoặc nhỏ hơn.

Phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

Các thành phần nêu trên là hợp phần hóa học cơ bản của tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế. Theo sáng chế, có thể chứa thêm các nguyên tố sau đây khi thích hợp.

Một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ Cr: 0,005% đến 2,0%, Mo: 0,05% đến 2,0%, V: 0,05% đến 1,0%, Cu: 0,05% đến 4,0%, Ni: 0,005% đến 2,0%, Ti: 0,005% đến 0,20%, Nb: 0,005% đến 0,20%, B: 0,0003% đến 0,0050%, Ca: 0,0001% đến 0,0050%, REM: 0,0001% đến 0,0050%, Sb: 0,0010% đến 0,10%, và Sn: 0,0010% đến 0,50%

Cr, Mo, V, Cu, và Ni là các nguyên tố có hiệu quả trong việc hình thành mactensit góp phần làm tăng độ bền. Để cung cấp hiệu quả này, khi Cr, Mo, V, Cu, và Ni được chứa, các lượng của các nguyên tố riêng lẻ được chứa tốt hơn là bằng hoặc cao hơn các giới hạn dưới tương ứng của chúng được mô tả ở trên. Khi các lượng của các nguyên tố riêng lẻ gồm Cr, Mo, V, Cu, và Ni được chứa nhiều hơn so với các giới hạn trên tương ứng của chúng được đề cập ở trên, kết cấu của lớp bề mặt của tấm thép có thể phát triển, không mang lại khả năng chống nhăn khi uốn mong muốn. Hàm lượng Cr tốt hơn nữa là 0,1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn nữa là 1,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mo tốt hơn nữa là 0,1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Mo tốt hơn nữa là 0,5% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng V tốt hơn nữa là 0,1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng V tốt hơn nữa là 0,5% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cu tốt hơn nữa là 0,1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Cu tốt hơn nữa là 0,6% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ni tốt hơn nữa là 0,1% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ni tốt hơn nữa là 0,6% hoặc nhỏ hơn.

Ti và Nb là các nguyên tố có hiệu quả trong việc hình thành các cacbua để làm tăng độ bền của thép. Để cung cấp hiệu quả này, khi Ti và Nb được chứa, các lượng của các nguyên tố riêng lẻ được chứa tốt hơn là bằng hoặc cao hơn các giới hạn dưới tương ứng của chúng được mô tả ở trên. Mặt khác, khi các lượng Ti và Nb riêng lẻ được chứa nhiều hơn so với các giới hạn trên tương ứng được đề cập ở trên của chúng,

kết cấu của lớp bề mặt của tấm thép có thể phát triển, không mang lại khả năng chống nhăn khi uốn mong muốn. Hàm lượng Ti tốt hơn nữa là 0,01% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ti tốt hơn nữa là 0,15% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,01% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,15% hoặc nhỏ hơn.

B là nguyên tố có hiệu quả trong việc tăng khả năng tăng cứng của tấm thép và tạo ra mactensit góp phần làm tăng độ bền. Để cung cấp hiệu quả này, khi B được chứa, hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% hoặc lớn hơn. Mặt khác, hàm lượng B lớn hơn 0,0050% có thể dẫn đến sự gia tăng các hợp chất chứa B làm khả năng tăng cứng, không tạo ra cấu trúc tế vi thép của sáng chế. Theo đó, khi B được chứa, hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% đến 0,0050%. Hàm lượng B tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng B tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn.

Ca và REM là các nguyên tố có hiệu quả trong việc cải thiện khả năng gia công do chúng góp phần kiểm soát hình dạng của bao thể. Để mang lại hiệu quả này, khi Ca và REM được chứa, lượng riêng lẻ của chúng tốt hơn là được thiết lập thành Ca: 0,0001% đến 0,0050% và REM: 0,0001% đến 0,0050%. Khi mỗi hàm lượng Ca và hàm lượng REM lớn hơn giới hạn trên tương ứng được mô tả ở trên, lượng bao thể có thể tăng lên làm suy giảm khả năng gia công. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng REM tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Hàm lượng REM tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. REM là thuật ngữ chung cho Sc, Y, và 15 nguyên tố trái từ lanthanum (La) với số hiệu nguyên tử 57 to lutetium (Lu) với số hiệu nguyên tử 71, và hàm lượng REM được sử dụng ở trong bản mô tả này dùng để chỉ tổng lượng được chứa của các nguyên tố này.

Sb là nguyên tố có hiệu quả trong việc hạn chế quá trình khử nitơ, quá trình khử bo, và v.v. để ngăn chặn sự suy giảm độ bền của thép. Để cung cấp hiệu quả này, khi Sb được chứa, hàm lượng Sb tốt hơn là từ 0,0010% đến 0,10%. Hàm lượng Sb lớn hơn giới hạn trên được mô tả ở trên có thể dẫn đến sự hóa giòn tấm thép. Hàm lượng Sb tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Sb tốt hơn nữa là 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Sn là nguyên tố có hiệu quả trong việc hạn chế peclit để ức chế sự suy giảm độ bền của thép. Để cung cấp hiệu quả này, khi Sn được chứa, hàm lượng Sn tốt hơn là 0,0010% đến 0,50%. Hàm lượng Sn lớn hơn giới hạn trên được mô tả ở trên có thể dẫn đến sự hóa giòn tấm thép. Hàm lượng Sn tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc lớn hơn. Hàm lượng Sn tốt hơn nữa là 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Ngay cả khi nếu các lượng của Cr, Mo, V, Cu, Ni, Ti, Nb, B, Ca, REM, Sb, và Sn riêng lẻ được chứa là nhỏ hơn các giới hạn dưới tương ứng được mô tả ở trên, thì hiệu quả của sáng chế không bị suy giảm. Theo đó, khi các lượng của các nguyên tố này được chứa là nhỏ hơn các giới hạn dưới tương ứng được mô tả ở trên, các nguyên tố này được coi là được chứa dưới dạng các tạp chất ngẫu nhiên. Các tạp chất ngẫu nhiên khác với các nguyên tố này bao gồm N, Na, Mg, Zr, Hf, Ta, W, v.v. và được chứa tổng cộng với lượng là 0,020% hoặc nhỏ hơn.

Cấu trúc tế vi thép của tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Trong cấu trúc tế vi thép của tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế, tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là từ 80% đến 100%, mật độ định hướng tối đa của các hạt là nhỏ hơn 2,5 trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày, và mật độ định hướng tối đa của các hạt là 2,5 hoặc lớn hơn trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày.

Tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit: 80 % đến 100%

Theo sáng chế, để đạt được TS cao, YS cao, và chống nhăn khi uốn ưu việt, cấu trúc tế vi chủ yếu bao gồm mactensit và bainit. Khi tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit nhỏ hơn 80%, thì không thể đạt được TS, YS, hoặc chống nhăn khi uốn mong muốn. Theo đó, tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là từ 80% đến 100%. Tổng tỷ phần diện tích tốt hơn là từ 90% đến 100%, tốt hơn nữa là từ 95% đến 100%. Tỷ phần diện tích của mỗi pha có thể được xác định bằng phương pháp được mô tả trong phần ví dụ thực hiện sáng chế.

Mật độ định hướng tối đa của các hạt trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí

10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày (vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm): nhỏ hơn 2,5

Bằng cách định hướng ngẫu nhiên các hạt trong lớp bề mặt ngoài cùng, có thể hạn chế sự xuất hiện của vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn. Để cung cấp hiệu quả này, mật độ định hướng tối đa của các hạt cần phải nhỏ hơn 2,5 trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày (vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm). Theo đó, mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm là nhỏ hơn 2,5. Mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm tốt hơn là nhỏ hơn 2,4, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 2,3. Giới hạn dưới của mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm tốt hơn là 1,0 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1,2 hoặc lớn hơn. Mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm có thể được xác định bằng phương pháp được mô tả trong phần ví dụ thực hiện sáng chế.

Mật độ định hướng tối đa của các hạt trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày (vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm): 2,5 hoặc lớn hơn

Bằng cách phát triển kết cấu của các hạt trong vùng ngay bên dưới lớp ngoài cùng và làm cho nó không ngẫu nhiên, có thể hạn chế vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn. Mặc dù các chi tiết không rõ ràng, nhưng lý do cho điều này có lẽ là do lớp bề mặt của tấm thép đóng vai trò là điểm bắt đầu xuất hiện vết nứt và nếp nhăn trong quá trình uốn bị hạn chế ở phương thức biến dạng trong đó vết nứt và nếp nhăn ít có khả năng xảy ra trong quá trình uốn bởi vì các lớp có độ lệch định hướng tinh thể khác nhau nằm liền kề với nhau. Để cung cấp hiệu quả này, cần phải thiết lập mật độ định hướng tối đa của các hạt nhỏ hơn 2,5 ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm và thiết lập mật độ định hướng tối đa của các hạt đến 2,5 hoặc lớn hơn trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày (vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm). Theo đó, mật độ định hướng tối đa của các hạt là 2,5 hoặc lớn hơn ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm . Mật độ định hướng tối đa của các hạt tốt hơn là 2,6 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 2,7 hoặc lớn hơn, ở trong vùng lớp bề mặt từ

50- đến 100- μm . Giới hạn trên của mật độ định hướng tối đa của các hạt tốt hơn là 6,0 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 5,0 hoặc nhỏ hơn, ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm . Mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm có thể được xác định bằng phương pháp được mô tả trong phần ví dụ thực hiện sáng chế.

<Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao>

Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế được sản xuất bằng cách gia nhiệt phôi tấm có hợp phần hóa học được mô tả ở trên, đưa phôi tấm vào quá trình cán thô, thực hiện việc cán hoàn thiện dưới các điều kiện mà trong đó tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 50% hoặc lớn hơn, tổng số lần cán qua trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 3 lần cán qua hoặc nhiều hơn, nhiệt độ cán qua cuối cùng là từ 750°C đến 900°C, và tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C là 35% hoặc nhỏ hơn, thực hiện việc làm mát dưới các điều kiện mà trong đó thời gian làm mát tự nhiên sau khi hoàn thành việc cán hoàn thiện là 2,0 giây hoặc nhỏ hơn và tốc độ làm mát trung bình đến nhiệt độ 550°C là 50°C/giây hoặc lớn hơn, thực hiện việc làm mát tại tốc độ làm mát trung bình là 100°C/giây hoặc lớn hơn trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C, và thực hiện việc cuộn ở 300°C hoặc thấp hơn.

Phần mô tả chi tiết sẽ được trình bày dưới đây. Nhiệt độ được mô tả ở trên là nhiệt độ bề mặt tại phần trung tâm chiều rộng của tấm thép, và tốc độ làm mát trung bình được mô tả ở trên là tốc độ làm mát trung bình tại bề mặt của phần trung tâm chiều rộng của tấm thép. Tốc độ làm mát trung bình là [(nhiệt độ bắt đầu làm mát - nhiệt độ kết thúc làm mát)/thời gian làm mát từ nhiệt độ bắt đầu làm mát đến nhiệt độ kết thúc làm mát] trừ khi có quy định khác.

Thép có hợp phần hóa học được mô tả ở trên thu được bằng phương pháp luyện thép đã biết mà sử dụng, ví dụ, lò chuyển, lò hồ quang điện, hoặc lò nấu chảy chân không, và được đúc bằng phương pháp đã biết, chẳng hạn như phương pháp đúc liên tục hoặc phương pháp tạo phôi tấm để tạo thành phôi tấm đúc. Phôi tấm được gia nhiệt trực tiếp hoặc được làm mát một lần và sau đó được gia nhiệt và được trải qua quá

trình cán thô. Các điều kiện cán thô không cần phải được quy định cụ thể, và có thể được thực hiện theo cách thông thường. Sau khi thực hiện việc cán thô, việc cán hoàn thiện được thực hiện dưới các điều kiện được xác định trước.

Tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn: 50% hoặc lớn hơn

Trong bước cán hoàn thiện của quá trình cán nóng, có thể thu được các mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm và vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm sáng chế bằng cách thiết lập tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn đến 50% hoặc lớn hơn. Theo đó, tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn trong bước cán hoàn thiện là 50% hoặc lớn hơn. Độ giảm chiều dày sau cán tốt hơn là 60% hoặc lớn hơn. Mặc dù giới hạn trên của độ giảm chiều dày sau cán không được chỉ định cụ thể, khi độ giảm chiều dày sau cán quá lớn, kết cấu bên trong tấm thép có thể phát triển làm suy giảm khả năng gia công. Do đó, độ giảm chiều dày sau cán tốt hơn là 95% hoặc nhỏ hơn.

Tổng số lần cán qua trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn: 3 lần cán qua hoặc lớn hơn

Độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn trong bước cán hoàn thiện có thể được chia thành nhiều lần để làm giảm độ giảm chiều dày sau cán trên mỗi lần cán qua, nhờ đó làm ngẫu nhiên hóa các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm . Theo sáng chế, mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm sáng chế có thể thu được bằng cách thiết lập tổng số lần cán qua đến 3 hoặc lớn hơn trong vùng nhiệt độ là 1000°C hoặc thấp hơn. Tổng số lần cán qua tốt hơn là 4 lần cán qua hoặc lớn hơn. Tổng số lần cán qua tốt hơn là, nhưng không bị giới hạn cụ thể, 10 lần cán qua hoặc nhỏ hơn.

Nhiệt độ cán qua cuối cùng: 750°C đến 900°C

Khi nhiệt độ cán trong lần cán qua hoàn thiện cuối cùng của quá trình cán nóng (nhiệt độ cấp cho bước cán hoàn thiện) thấp hơn 750°C, lượng lớn cấu trúc tế vi không

mong muốn, chẳng hạn như ferit, được hình thành, do đó không thu được cấu trúc tế vi theo sáng chế. Mặt khác, nhiệt độ cán cao hơn 900°C dẫn đến sự phát triển của kết cấu lớp bề mặt của tấm thép là không đủ, không thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm sáng chế. Theo đó, nhiệt độ cán qua cuối cùng (nhiệt độ cấp cho bước cán hoàn thiện) là từ 750°C đến 900°C. Nhiệt độ cán tốt hơn là 770°C hoặc cao hơn. Nhiệt độ cán tốt hơn là 880°C hoặc thấp hơn.

Tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C: 35% hoặc nhỏ hơn

Độ giảm chiều dày sau cán ở lân cận nhiệt độ của lần cán cuối cùng dẫn đến sự kết tinh lại sự phát triển kết cấu của lớp bề mặt của tấm thép không đủ, do đó không thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm sáng chế. Để thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm sáng chế, tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C cần phải là 35% hoặc nhỏ hơn. Theo đó, tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C là 35% hoặc nhỏ hơn. Tổng độ giảm chiều dày sau cán tốt hơn là 30% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới không được quy định cụ thể, nhưng tổng độ giảm chiều dày sau cán tốt hơn là 5% hoặc lớn hơn bởi vì tổng độ giảm chiều dày sau cán quá thấp có thể gây ra các khuyết tật hình dạng v.v.

Thời gian làm mát tự nhiên sau khi cán hoàn thiện: 2,0 giây hoặc nhỏ hơn

Thời gian làm mát tự nhiên sau khi cán hoàn thiện lớn hơn 2,0 giây dẫn đến sự thúc đẩy quá trình phục hồi các sai lệch ngay bên dưới lớp bề mặt, do đó không thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm của sáng chế. Theo đó, thời gian làm mát tự nhiên sau khi cán hoàn thiện là 2,0 giây hoặc nhỏ hơn. Thời gian làm mát tự nhiên tốt hơn là 1,5 giây hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của thời gian làm mát tự nhiên không được chỉ định cụ thể. Tuy nhiên, khi thời gian làm mát tự nhiên là 0,1 giây hoặc lớn hơn, sự phục hồi của các sai lệch trong lớp bề mặt của tấm thép được tăng cường hơn nữa để dễ dàng thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm của sáng chế. Do đó, thời

gian làm mát tự nhiên tốt hơn là 0,1 giây hoặc lớn hơn. Làm mát tự nhiên dùng để chỉ việc tiếp xúc với khí quyển (làm mát bằng không khí) mà không thực hiện làm mát chủ động (làm mát tăng tốc) bằng cách đổ nước hoặc tương tự.

Tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ lên đến 550°C : $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn

Khi tốc độ làm mát trung bình từ khi bắt đầu làm mát sau khi hoàn thành cán hoàn thiện đến 550°C thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, thì ferit và peclit được hình thành, dẫn đến thu được cấu trúc tế vi thép của sáng chế. Theo đó, tốc độ làm mát trung bình từ khi bắt đầu làm mát (nhiệt độ bắt đầu quá trình làm mát tăng tốc) đến 550°C là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Tốc độ làm mát trung bình tốt hơn là $80^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của tốc độ làm mát trung bình không được chỉ định cụ thể. Tuy nhiên, tốc độ làm mát trung bình tốt hơn là $1000^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn từ quan điểm độ ổn định hình dạng của tấm thép và v.v. Nhiệt độ bắt đầu làm mát, ví dụ, là nhiệt độ cấp cho bước cán hoàn thiện (nhiệt độ cán qua cuối cùng).

Tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C : $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn

Khi tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C là nhỏ hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, sự chuyển hóa bainit hoặc sự chuyển hóa mactensit xảy ra trong trạng thái động lực thấp, do đó không thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm sáng chế. Theo đó, tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C là $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Tốc độ làm mát trung bình tốt hơn là $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của tốc độ làm mát trung bình không được chỉ định cụ thể. Tuy nhiên, tốc độ làm mát trung bình tốt hơn là $1000^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn từ quan điểm độ ổn định hình dạng của tấm thép và v.v.

Nhiệt độ cuộn: 300°C hoặc thấp hơn

Nhiệt độ cuộn cao hơn 300°C dẫn đến động lực cho sự chuyển hóa thấp, do đó không thu được mật độ định hướng tối đa của các hạt ở trong vùng lớp bề mặt từ 50-

đến 100- μ m sáng chế. Theo đó, nhiệt độ cuộn là 300°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ cuộn tốt hơn là 280°C hoặc thấp hơn, tốt hơn nữa là 250°C hoặc thấp hơn. Sau khi cuộn, cuộn thép được làm mát xuống nhiệt độ phòng, ví dụ.

Không có những giới hạn cụ thể khác với các điều kiện của phương pháp sản xuất được mô tả ở trên. Tuy nhiên, tốt hơn là điều chỉnh một cách thích hợp các điều kiện như được mô tả dưới đây cho quá trình sản xuất. Ví dụ, nhiệt độ gia nhiệt của phôi tấm tốt hơn là 1100°C hoặc cao hơn từ quan điểm, ví dụ, loại bỏ sự phân tầng và hòa tan các kết tủa, và tốt hơn là 1300°C hoặc thấp hơn từ quan điểm, ví dụ, hiệu quả năng lượng. Việc cán hoàn thiện tốt hơn là được thực hiện trong bốn lần cán qua hoặc nhiều hơn từ quan điểm, ví dụ, giảm các hạt thô mà gây ra sự suy giảm về khả năng gia công.

Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế có độ bền kéo (TS) là 980 MPa hoặc lớn hơn và giới hạn chảy (YS) là 800 MPa hoặc lớn hơn. TS tốt hơn là 1180 MPa hoặc lớn hơn. YS tốt hơn là 900 MPa hoặc lớn hơn. Mặc dù không được giới hạn cụ thể, TS tốt hơn là 1570 MPa hoặc nhỏ hơn, và YS tốt hơn là 1300 MPa hoặc nhỏ hơn. Tấm thép cán nóng có độ bền cao sáng chế có khả năng chống nhăn khi uốn ưu việt và R/t là 3,0 hoặc nhỏ hơn. R/t tốt hơn là 2,8 hoặc nhỏ hơn. TS, YS, và R/t đều thu được bằng phương pháp được mô tả trong phần ví dụ thực hiện sáng chế.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các thép các hợp phần hóa học tương ứng được nêu trong bảng 1 thu được bằng cách luyện thép trong lò nấu chảy chân không và được tạo hình thành các phôi tấm. Các phôi tấm được gia nhiệt đến 1250°C, được trải qua cán thô, và được trải qua cán hoàn thiện, làm mát tự nhiên, làm mát (làm mát tăng tốc), và cuộn, dưới các điều kiện tương ứng được nêu trong bảng 2, từ đó tạo ra các tấm thép cán nóng. Tổng số lần cán qua của bước cán hoàn thiện là 7 lần cán qua. Các tấm thép cán nóng thu được được trải qua quá trình quan sát cấu trúc tế vi và đánh giá các đặc tính kéo và chống nhăn khi uốn theo các phương pháp thử nghiệm sau đây.

Quan sát cấu trúc tế vi

Các tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là các tỷ phần diện tích của các cấu trúc tế vi tương ứng trên diện tích được quan sát. Đối với tỷ phần diện tích của mactensit, mẫu được cắt ra từ tấm thép cán nóng thu được. Mặt cắt ngang theo hướng chiều dày và song song với hướng cán được đánh bóng và sau đó được khắc mòn trong nital 3%. Vị trí 1/4 độ dày được chụp ảnh trong ba trường quan sát trực quan ở độ phóng đại $\times 1500$ với kính hiển vi điện tử quét (SEM). Tỷ phần diện tích của mỗi cấu trúc tế vi được xác định từ dữ liệu hình ảnh của hình ảnh điện tử thứ cấp đã thu được bằng cách sử dụng phần mềm Image-Pro của Media Cybernetics, Inc., và tỷ phần diện tích trung bình của ba trường quan sát trực quan được định nghĩa là tỷ phần diện tích của từng cấu trúc tế vi. Trong dữ liệu hình ảnh, bainit trên được phân biệt là có màu đen hoặc màu xám đậm chứa cacbua hoặc mactensit có mặt phân giới thẳng, bainit dưới được phân biệt là có màu đen, màu xám đậm, màu xám, hoặc màu xám nhạt chứa cacbua định hướng, mactensit được phân biệt là có màu đen, màu xám đậm, màu xám, hoặc màu xám nhạt chứa cacbua mà có nhiều hướng, hoặc màu trắng hoặc màu xám nhạt không chứa cacbua, và austenit tàn dư ược phân biệt là có màu trắng hoặc màu xám nhạt không chứa cacbua. Mactensit và austenit tàn dư không thể phân biệt được với nhau, trong một số trường hợp. Do đó, austenit tàn dư được xác định bằng phương pháp được mô tả dưới đây, và tỷ phần diện tích của mactensit được xác định bằng cách trừ tỷ phần diện tích của austenit tàn dư khỏi tổng tỷ phần diện tích của mactensit và austenit tàn dư được xác định từ hình ảnh SEM. Theo sáng chế, mactensit có thể loại bất kỳ trong số mactensit tươi, mactensit được ram tự động, mactensit được ram, v.v. Bainit có thể là bất kỳ bainit nào, chẳng hạn như bainit trên, bainit dưới, hoặc bainit được ram. Mức độ ram cao hơn của cấu trúc tế vi dẫn đến hình ảnh có độ tương phản mà trong đó ma trận nền có vẻ đen hơn. Vì lý do này, màu của ma trận nền là một chỉ dẫn. Theo sáng chế, sự nhận dạng được dựa trên sự đánh giá toàn diện về lượng cacbua, dạng của cấu trúc tế vi, v.v. Sau đó, các cấu trúc tế vi được phân loại thành những loại có các đặc tính tương tự nhau, bao gồm các cấu trúc tế vi được mô tả dưới đây. Các cacbua hiện ra dưới dạng các đường hoặc các chấm màu trắng. Mặc dù về cơ bản là không có trong sáng chế, ferit là cấu trúc tế vi có màu đen hoặc màu xám đậm không có hoặc có ít cacbua ở bên trong hoặc không có mactensit với mặt phân giới

thẳng. Peclit có thể được phân biệt dưới dạng cấu trúc tế vi dạng phiến màu đen và màu trắng hoặc dạng phiến bị ngắt quãng một phần. Tỷ phần diện tích của austenit tàn dư được xác định như sau: Tấm thép đã qua ủ được mài đến vị trí 1/4 độ dày + 0,1 mm và sau đó được đánh bóng hóa học thêm 0,1 mm. Đối với bề mặt được đánh bóng, cường độ phản xạ tổng hợp từ các mặt phẳng (200), (220), và (311) của sắt fcc (austenit) và các mặt phẳng (200), (211), và (220) của sắt bcc (ferit) được đo bằng máy đo nhiễu xạ tia X sử dụng bức xạ $\text{MoK}\alpha_1$. Tỷ phần thể tích được xác định từ tỷ lệ cường độ của cường độ phản xạ tổng hợp từ các mặt phẳng của sắt fcc trên cường độ phản xạ tổng hợp từ các mặt phẳng của sắt bcc. Tỷ phần thể tích này được sử dụng làm tỷ phần diện tích của austenit tàn dư.

Tổng tỷ phần diện tích được xác định bằng cách sử dụng tỷ lệ diện tích thu được của các cấu trúc tế vi tương ứng. Bảng 3 trình bày các kết quả. Trong bảng 3, "V (M + B)" nghĩa là tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit, và "V (O)" nghĩa là tổng tỷ phần diện tích của các cấu trúc tế vi khác (các cấu trúc tế vi khác với mactensit hoặc bainit).

Mật độ định hướng tối đa của các hạt

Sự định hướng tinh thể trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt và vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt của tấm thép được xác định bằng phương pháp nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (EBSD) cho mặt cắt ngang của cùng một mẫu được sử dụng để quan sát cấu trúc tế vi, mặt cắt ngang theo hướng chiều dày và vuông góc với hướng cán. Phạm vi của từng Φ_1 , Φ_2 , và Φ được thiết lập từ 0 đến 90, độ phân giải của từng giá trị được thiết lập thành 5, và hàm phân phối định hướng (ODF) được tính toán để xác định mật độ định hướng tối đa của các hạt trong trường quan sát. Điều này được thực hiện tại năm điểm trong mỗi vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt và vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt của tấm thép. Các giá trị trung bình riêng lẻ của chúng được sử dụng làm mật độ định hướng tối đa của các hạt trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10- μm tương ứng và vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100- μm . Đối với năm điểm trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt của tấm thép, năm vùng đo, mỗi vùng đo có kích

thước 5 μm theo hướng chiều dày $\times$ 1000 μm theo hướng chiều rộng được sử dụng, vị trí 7,5 μm từ bề mặt của tấm thép theo hướng chiều dày được lấy làm trung tâm, và trung tâm của các vùng đo theo hướng chiều rộng được đặt cách nhau 1000 μm . Đối với năm điểm trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt của tấm thép, năm vùng đo, mỗi vùng đo có kích thước 5 μm theo hướng chiều dày $\times$ 1000 μm theo hướng chiều rộng được sử dụng, vị trí 75 μm từ bề mặt của tấm thép theo hướng chiều dày được lấy làm trung tâm, và trung tâm của các vùng đo theo hướng chiều dày được đặt cách nhau 10 μm (nói cách khác, trung tâm của các vùng đo nằm tại các vị trí 55 μm , 65 μm , 75 μm , 85 μm , và 95 μm từ bề mặt của tấm thép). Phép đo EBSD được thực hiện ở điện thế gia tốc là 30 kV và kích thước bước là 0,05 μm .

Thử nghiệm kéo

Các mảnh thử nghiệm số 5 theo tiêu chuẩn JIS cho thử nghiệm kéo (JIS Z 2201) được lấy mẫu từ resulting các tấm thép cán nóng theo hướng song song với hướng cán. Thử nghiệm kéo được thực hiện theo tiêu chuẩn JIS Z 2241 ở tốc độ kéo căng là 10^{-3} /giây để xác định TS và YS (ứng suất thử kéo 0,2%). Theo sáng chế, TS là 980 MPa hoặc lớn hơn và YS là 800 MPa hoặc lớn hơn được coi là có thể chấp nhận được.

Thử nghiệm uốn (chống nhăn khi uốn)

Các mảnh thử nghiệm có chiều rộng 30 mm và chiều dài 100 mm được lấy mẫu từ các tấm thép cán nóng thu được và được trải qua quá trình uốn với chày uốn hình chữ V 90°. Sự có mặt hoặc vắng mặt của các vết nứt và nếp nhăn ở trên các bề mặt ngoài của các phần uốn được kiểm tra trực quan hoặc sử dụng kính lúp. Bán kính uốn tối thiểu R mà tại đó không quan sát thấy vết nứt hoặc nếp nhăn trong ba mảnh thử nghiệm ($N = 3$) được xác định và được chia cho độ dày t của tấm để tính toán R/t. Bảng 3 trình bày "nếp nhăn R/t", mà là giá trị thu được bằng cách chia bán kính uốn tối thiểu R mà tại đó không quan sát thấy có nếp nhăn cho độ dày t, và "vết nứt R/t", mà là giá trị thu được bằng cách chia bán kính uốn tối thiểu R mà tại đó không quan sát thấy có vết nứt cho độ dày t. Theo sáng chế, có thể chấp nhận R/t bằng 3,0 hoặc nhỏ hơn (khi "nếp nhăn R/t" và "vết nứt R/t" được trình bày trong bảng 3 đều bằng 3,0 hoặc nhỏ hơn, mẫu được đánh giá là có thể chấp nhận được). Lưu ý rằng vết nứt từ bề

mặt cuối được loại khỏi phép xác định.

Bảng 1

Thép	Hợp phần hóa học (% theo khối lượng)							Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Al	Các nguyên tố khác	
A	0,02	0,10	3,3	0,014	0,0022	0,034	-	Thép chấp nhận được
B	0,22	0,50	2,5	0,003	0,0007	0,031	Cr: 0,30	Thép chấp nhận được
C	0,07	1,00	1,6	0,015	0,0025	0,025	Mo: 0,30, B: 0,0020	Thép chấp nhận được
D	0,11	0,30	2,0	0,022	0,0012	0,041	V: 0,20	Thép chấp nhận được
E	0,09	0,60	2,4	0,009	0,0028	0,017	Cu: 0,20, Ca: 0,0020, Sn: 0,050	Thép chấp nhận được
F	0,14	0,80	2,5	0,018	0,0015	0,044	Nb: 0,030, REM: 0,0010, Sb: 0,020	Thép chấp nhận được
G	0,19	1,50	0,7	0,006	0,0004	0,068	Ni: 0,70, Ti: 0,080, B: 0,0020	Thép chấp nhận được
H	<u>0,01</u>	0,50	1,5	0,012	0,0018	0,031	Cr: 0,30	Thép so sánh
I	<u>0,25</u>	0,50	1,5	0,010	0,0013	0,035	Ti: 0,050, B: 0,0010	Thép so sánh
J	0,10	<u>3,10</u>	1,8	0,018	0,0009	0,025	Nb: 0,020, Ni: 0,50	Thép so sánh
K	0,10	<u>0,05</u>	1,8	0,015	0,0012	0,043	Ni: 0,40, Cu: 0,30, B: 0,0035	Thép so sánh
L	0,10	0,50	<u>0,4</u>	0,014	0,0022	0,038	Cr: 0,30, Mo: 0,30	Thép so sánh
M	0,10	0,50	<u>3,7</u>	0,008	0,0013	0,030	-	Thép so sánh

* Các phần được gạch chân biểu thị rằng các giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Bảng 2

Tám thép số	Thép	Cán hoàn thiện				Thời gian làm mát tự nhiên sau khi cán hoàn thiện (s)	Tốc độ làm mát trung bình từ bắt đầu làm mát đến 550°C (°C/giây)	Tốc độ làm mát trung bình từ 300 °C đến 400°C (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)	Ghi chú
		Tổng độ giảm chiều dày sau cán ở 1000°C hoặc thấp hơn (%)	Tổng số lần cán qua ở 1000°C hoặc thấp hơn	Tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C (%)	Nhiệt độ cán qua cuối cùng (°C)					
1	A	70	4	28	850	1,0	200	200	25	Ví dụ sáng chế
2		45	4	28	850	1,0	200	200	25	Ví dụ so sánh
3	B	50	3	34	880	1,5	60	120	290	Ví dụ sáng chế
4		50	2	34	880	1,5	60	120	290	Ví dụ so sánh
5	C	70	4	13	820	1,0	100	500	150	Ví dụ sáng chế
6		70	4	13	720	1,0	100	500	150	Ví dụ so sánh
7		70	4	27	920	1,0	100	500	150	Ví dụ so sánh
8		70	4	12	780	0,5	150	200	200	Ví dụ sáng chế
9	D	70	4	12	780	0,5	30	200	200	Ví dụ so sánh
10		70	5	31	850	0,2	80	200	200	Ví dụ sáng chế
11	E	70	5	31	850	2,2	80	200	200	Ví dụ so sánh
12		85	5	28	890	1,8	80	200	250	Ví dụ sáng chế
13	F	85	5	28	890	1,8	80	80	250	Ví dụ so sánh
14		70	4	27	900	0,8	80	400	250	Ví dụ sáng chế
15	G	70	4	27	900	0,8	80	≤1	350	Ví dụ so sánh
16		70	4	28	760	1,5	200	200	200	Ví dụ so sánh
17	I	70	4	21	880	1,5	150	200	200	Ví dụ so sánh
18		70	4	13	850	1,5	60	200	200	Ví dụ so sánh
19	K	70	4	13	850	1,5	80	200	200	Ví dụ so sánh
20		70	4	12	850	1,5	80	200	200	Ví dụ so sánh
21	M	70	4	18	850	1,5	80	200	200	Ví dụ so sánh
22		70	4	37	850	1,0	200	200	25	Ví dụ so sánh
23	B	70	4	45	850	1,5	60	120	290	Ví dụ so sánh

* Các phần được gạch chân biểu thị rằng các giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Bảng 3

Tấm thép số	Cấu trúc tế vi thép				Các tính chất cơ học				Ghi chú
	V (M + B) (%)	V (O) (%)	Mật độ định hướng tối đa của các hạt trong vùng lớp bề mặt từ 5- đến 10-µm	Mật độ định hướng tối đa của các hạt trong vùng lớp bề mặt từ 50- đến 100-µm	TS (MPa)	YS (MPa)	Nếp nhăn R/t	Vết nứt R/t	
1	100	0	2,3	3,1	994	944	2,5	<2,5	Ví dụ sáng chế
2	100	0	2,6	2,4	989	930	3,2	<3,2	Ví dụ so sánh
3	99	1	2,2	2,9	1536	1275	2,8	<2,8	Ví dụ sáng chế
4	98	2	2,5	2,7	1541	1248	3,3	<3,3	Ví dụ so sánh
5	100	0	2,3	3,5	1183	1041	<1,5	1,5	Ví dụ sáng chế
6	35	65	2,4	3,9	726	472	<0,2	0,2	Ví dụ so sánh
7	100	0	2,1	2,1	1215	1130	4,0	<4,0	Ví dụ so sánh
8	90	10	2,4	4,6	1298	1064	<1,8	1,8	Ví dụ sáng chế
9	68	32	2,3	3,9	984	748	<0,5	0,5	Ví dụ so sánh
10	98	2	2,0	2,8	1234	1123	2,7	2,7	Ví dụ sáng chế
11	99	1	1,9	2,4	1231	1108	3,2	<3,2	Ví dụ so sánh
12	99	1	2,0	2,7	1383	1231	2,8	<2,8	Ví dụ sáng chế
13	98	2	2,0	2,4	1347	1212	3,5	3,5	Ví dụ so sánh
14	98	2	2,2	2,6	1450	1189	2,8	2,8	Ví dụ sáng chế
15	95	5	2,3	2,3	1376	1101	3,7	<3,7	Ví dụ so sánh
16	92	8	2,4	4,1	945	765	2,2	<2,2	Ví dụ so sánh
17	98	2	2,7	3,0	1588	1334	3,3	3,3	Ví dụ so sánh
18	64	36	2,2	2,9	956	660	<1,2	1,2	Ví dụ so sánh
19	100	0	2,2	2,8	1272	1145	3,2	<3,2	Ví dụ so sánh
20	78	22	1,9	2,6	913	794	<0,5	0,5	Ví dụ so sánh
21	99	1	2,8	3,3	1280	1152	4,0	<4,0	Ví dụ so sánh
22	100	0	2,1	1,9	983	924	4,0	4,0	Ví dụ so sánh
23	99	1	2,0	1,8	1516	1258	4,2	<4,2	Ví dụ so sánh

* Các phần được gạch chân biểu thị rằng các giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Các tấm thép có độ bền cao thu được trong tất cả các ví dụ sáng chế có khả năng chống nhăn khi uốn ưu việt. Ngược lại, trong các ví dụ so sánh, mà nằm ngoài phạm vi sáng chế, không thu được một hoặc nhiều trong số các tính chất gồm độ bền và khả năng chống nhăn khi uốn mong muốn.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nóng có độ bền cao có TS là 980 MPa hoặc lớn hơn và YS là 800 MPa hoặc lớn hơn và có khả năng chống nhăn khi uốn ưu việt. Khi tấm thép có độ bền cao theo sáng chế được sử dụng cho các bộ phận của ô tô, tấm thép này có thể góp phần đáng kể vào việc cải thiện độ an toàn khi va chạm và tiết kiệm nhiên liệu của ô tô.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng có độ bền cao có hợp phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng:

C: 0,02% đến 0,23%,

Si: 0,10% đến 3,00%,

Mn: 0,5% đến 3,5%,

P: 0,100% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, và

Al: 1,5% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên,

trong đó tổng tỷ phần diện tích của mactensit và bainit là từ 80% đến 100%, mật độ định hướng tối đa của các hạt là nhỏ hơn 2,5 trong vùng kéo dài từ vị trí 5 μm đến vị trí 10 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày, và mật độ định hướng tối đa của các hạt là 2,5 hoặc lớn hơn trong vùng kéo dài từ vị trí 50 μm đến vị trí 100 μm từ bề mặt theo hướng chiều dày.

2. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ, theo % khối lượng:

Cr: 0,005% đến 2,0%,

Mo: 0,05% đến 2,0%,

V: 0,05% đến 1,0%,

Cu: 0,05% đến 4,0%,

Ni: 0,005% đến 2,0%,

Ti: 0,005% đến 0,20%,

Nb: 0,005% đến 0,20%,

B: 0,0003% đến 0,0050%,

Ca: 0,0001% đến 0,0050%,

REM: 0,0001% đến 0,0050%,

Sb: 0,0010% đến 0,10%, và

Sn: 0,0010% đến 0,50%.

3. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao, bao gồm:

gia nhiệt phôi tấm có hợp phần hóa học theo điểm 1 hoặc 2;

thực hiện việc cán thô;

sau đó thực hiện việc cán hoàn thiện dưới các điều kiện mà trong đó tổng độ giảm chiều dày sau cán trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 50% hoặc lớn hơn, tổng số lần cán qua trong phạm vi nhiệt độ 1000°C hoặc thấp hơn là 3 cán qua hoặc nhiều hơn, nhiệt độ cán qua cuối cùng là từ 750°C đến 900°C, và tổng độ giảm chiều dày sau cán từ nhiệt độ cán qua cuối cùng đến nhiệt độ cán qua cuối cùng + 50°C là 35% hoặc nhỏ hơn;

thực hiện việc làm mát dưới các điều kiện mà trong đó thời gian làm mát tự nhiên sau khi hoàn thành việc cán hoàn thiện là 2,0 giây hoặc nhỏ hơn, và tốc độ làm mát trung bình đến nhiệt độ 550°C là 50°C/giây hoặc lớn hơn;

thực hiện việc làm mát tại tốc độ làm mát trung bình là 100°C/giây hoặc lớn hơn trong phạm vi nhiệt độ từ 300°C đến 400°C; và

thực hiện việc cuộn tại 300°C hoặc thấp hơn.