



(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)



1-0034681

(51)⁷ C22C 38/06; C21D 8/02; C21D 9/46

(13) B

(21) 1-2016-04637

(22) 22/04/2015

(86) PCT/JP2015/002176 22/04/2015

(87) WO 2015/166646 A1 05/11/2015

(30) 2014-094026 30/04/2014 JP

(45) 25/01/2023 418

(43) 27/02/2017 347A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) SAITO, Hayato (JP); KOJIMA, Katsumi (JP); TADA, Masaki (JP); NAKAMARU, Hiroki (JP).

(74) Công ty Cổ phần Sở hữu công nghiệp INVESTIP (INVESTIP)

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

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép độ bền cao có khả năng tạo hình (khả năng gia công) tốt và độ bền tốt, và phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép độ bền cao này bao gồm các thành phần hóa học tính, tính % theo khối lượng: C: 0,010% đến 0,080%, Si: 0,05% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,10% đến 0,70%, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% đến 0,070% và N: 0,0120% đến 0,0180%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, nitơ có mặt là nitơ hoà tan với hàm lượng bằng 0,0100% hoặc lớn hơn so với tổng hàm lượng N ở trên, cỡ hạt ferit trung bình là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn, mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm tính từ bề mặt nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$, độ bền kéo căng và độ giãn dài theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng cán sau khi xử lý già hoá lần lượt là 530MPa hoặc lớn hơn và 7% hoặc lớn hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép độ bền cao mà phù hợp làm các vật liệu để làm lon được sử dụng trong sản xuất hộp đựng đồ ăn và lon đồ uống, và đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép độ bền cao theo sáng chế thể hiện khả năng tạo dạng ưu việt và có thể được sử dụng phù hợp để sản xuất đầu dễ mở (easy-open-ends - EOE) và thân lon được hàn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Tấm thép với tên gọi là tấm thép cán hai lần (DR, double reduced) đôi khi được sử dụng như tấm thép để làm lon để sản xuất lon đồ uống và hộp đựng đồ ăn và được tạo dạng thành các phần như là nắp đáy, đáy và thân lon ba mảnh. Trong sản xuất thép DR, tấm thép được cán nguội lần nữa sau khi tôi. Thép DR có thể dễ dàng được giảm về độ dày trong khi làm tăng độ cứng so với tấm thép cán một lần (SR, single reduced) việc sản xuất nó chỉ cần có cán là với độ giảm chiều dày do cán nhỏ.

Trong những năm gần đây, việc cân nhắc đối với độ giảm tải môi trường và tiết kiệm chi phí đòi hỏi rằng lượng tấm thép được sử dụng để làm lon đồ uống và hộp đựng đồ ăn được giảm. Xu hướng này dẫn đến yêu cầu lớn hơn đối với sử dụng thép DR làm tấm thép để làm lon để tạo thuận tiện cho việc dát mỏng tấm thép.

Với độ cứng được tăng là kết quả của công việc làm cứng, thép DR thường có khả năng tạo hình thấp. Do đó có nhu cầu đối với khả năng tạo hình của thép DR để được cải thiện nhằm làm cho thép DR được sử dụng phù hợp như tấm thép để làm lon. Ví dụ, các tài liệu sáng chế 1 và 2 đề cập đến thép DR có khả năng tạo hình được cải thiện.

Tài liệu sáng chế 1 đề cập đến thép DR, khác biệt ở chỗ, thép này chứa tính % theo khối lượng: C: 0,02% đến 0,06%, Si: 0,03% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,05% đến 0,5%, P: 0,02% hoặc nhỏ hơn, S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,02% đến 0,10% và N: 0,008% đến 0,015%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, lượng chất tan N (N

tổng - NasAlN) trong tấm thép là 0,006% hoặc lớn hơn, tổng kéo dài theo hướng cán sau khi xử lý già hoá là 10% hoặc lớn hơn, tổng kéo dài theo hướng chiều rộng tấm sau khi xử lý già hoá là 5% hoặc lớn hơn, và giá trị Lankford trung bình sau khi xử lý già hoá là 1,0 hoặc nhỏ hơn.

Tài liệu sáng chế 2 đề cập đến tấm thép mỏng độ bền cao với khả năng khớp nối ưu việt cho lon được hàn, khác biệt ở chỗ thép chứa tính % theo khối lượng: C: lớn hơn 0,04% và 0,08% hoặc lớn hơn, Si: 0,02% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,04% hoặc nhỏ hơn, S: 0,05% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,1% hoặc nhỏ hơn và N: 0,005 đến 0,02%, tổng của chất tan C và chất tan N được hòa tan trong tấm thép thỏa mãn $50 \text{ ppm} \leq \text{chất tan C} + \text{chất tan N} \leq 200 \text{ ppm}$, lượng chất tan C trong tấm thép là 50 ppm hoặc lớn hơn và lượng chất tan N trong tấm thép là 50 ppm hoặc lớn hơn, thành phần phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: WO 2008/018531

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-294399

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, giải pháp kỹ thuật nêu trên đây trong kỹ thuật hiện nay còn có các vấn đề dưới đây.

Kỹ thuật được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 không cần thiết hiện thực khả năng tạo hình tốt, phụ thuộc vào các điều kiện như là số lượng các bước trong việc hình thành đỉnh tán ở lon EOE. Hơn nữa, kỹ thuật được mô tả trong Tài liệu sáng chế 1 không đạt được đủ khả năng gia công như là khả năng khớp nối đối với lon ba mảnh.

Trong kỹ thuật được mô tả trong tài liệu sáng chế 2, khả năng tạo hình đỉnh tán được yêu cầu để sản xuất lon EOE là chưa đủ. Hơn nữa, kỹ thuật đòi hỏi xử lý già hoá qua thời gian dài để làm giảm lượng chất tan C, làm giảm hiệu quả sản xuất.

Sáng chế được thực hiện có liên quan đến tình trạng kỹ thuật được trình bày trên đây. Để giải quyết vấn đề kỹ thuật hiện có này, mục tiêu của sáng chế là đề xuất

tấm thép độ bền cao có khả năng tạo hình (khả năng gia công) tốt và độ bền tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Giải pháp cho vấn đề

Để đạt được mục tiêu nêu trên đây, các tác giả sáng chế thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, việc tối ưu hóa các thành phần hóa học của thép, các điều kiện cán nóng, các điều kiện cán nguội, tôi các điều kiện và cán nguội thứ cấp các điều kiện (các điều kiện DR) đạt được độ bền kéo căng bằng 530MPa hoặc lớn hơn và mức độ kéo dài là 7% hoặc lớn hơn theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hóa. Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, cỡ hạt ferit trung bình và mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm thể hiện là thỏa mãn độ bền kéo căng và khả năng kéo dài nêu trên đây. Sáng chế được hoàn thiện dựa trên các phát hiện của tác giả sáng chế. Cụ thể là, sáng chế nằm ở các khía cạnh dưới đây.

(1) Tấm thép độ bền cao bao gồm các thành phần hóa học là tính % theo khối lượng: C: 0,010% đến 0,080%, Si: 0,05% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,10% đến 0,70%, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% đến 0,070% và N: 0,0120% đến 0,0180%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, nitơ có mặt là nitơ hoà tan với hàm lượng bằng 0,0100% hoặc lớn hơn so với tổng hàm lượng N ở trên, cỡ hạt ferit trung bình là 7,0 μ m hoặc nhỏ hơn, mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm từ bề mặt nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$, độ bền kéo căng và kéo dài theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng cán sau khi xử lý già hóa là 530MPa hoặc lớn hơn và 7% hoặc lớn hơn.

(2) Một phương pháp sản xuất tấm thép độ bền cao được mô tả trong (1) gồm có bước cán nóng để gia nhiệt tấm phôi ở nhiệt độ gia nhiệt bằng 1180°C hoặc lớn hơn, cán tấm phôi với nhiệt độ hoàn thiện cán nóng nằm trong khoảng từ 820 đến 900°C và cuộn tấm ở nhiệt độ cuộn là 640°C hoặc nhỏ hơn, bước cán nguội sơ bộ để tẩy sạch cho tấm thép đã được cán nóng và cán nguội tấm với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép là 85% hoặc lớn hơn, bước tôi để tôi tấm thép được cán nguội sơ bộ ở nhiệt độ

nằm trong khoảng từ 620°C đến 690°C, và bước cán nguội thứ hai để cán nguội thứ cấp tấm thép được tôi với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép nằm trong khoảng từ 8 đến 20%.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế có các thành phần hoá học cụ thể, cỡ hạt ferit trung bình là 7,0 μm hoặc nhỏ hơn, và mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm từ bề mặt nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$. Với kết cấu này, tấm thép đạt được độ bền kéo căng bằng 530MPa hoặc lớn hơn và mức độ kéo dài là 7% hoặc lớn hơn theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hoá.

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế có khả năng tạo hình cao như được mô tả trên đây, và có thể được sử dụng phù hợp trong các ứng dụng trong đó tấm thép được tạo dạng thành đỉnh tán hoặc được khớp nối. Cụ thể, tấm thép độ bền cao theo sáng chế có độ bền kéo căng bằng 530MPa hoặc lớn hơn. Độ bền đủ này cho phép tấm tạo ra thân lon hoặc nắp đậy có chất lượng thậm trí khi độ dày tấm bị giảm so với các vật liệu thông thường. Việc giảm của độ dày tấm tiết kiệm tài nguyên và giá thành.

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế, mà có khả năng tạo hình và độ bền ưu việt, là không chỉ được sử dụng ở các dạng lon kim loại khác nhau mà còn mong muốn tìm ra các ứng dụng trong phạm vi ứng dụng rộng như là trường hợp có dùng pin trong, các ứng dụng ở nhà khác nhau và các phần điện tử, và các phần tự động.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Dưới đây là phần mô tả một số phương án của sáng chế. Tuy nhiên, phạm vi của sáng chế không chỉ giới hạn ở các phương án này.

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế có các thành phần hoá học đặc hiệu, và cỡ hạt ferit trung bình và mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm được kiểm soát để rơi vào trong các khoảng giá trị đặc hiệu. Nhờ có cấu hình này, tấm thép độ bền cao theo sáng chế đạt được khả năng tạo dạng tốt trong khi thể hiện độ bền cao. Dưới đây lần lượt là phần mô tả các thành phần hoá học, cỡ hạt ferit trung bình, mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm, chất lượng (độ bền cao, khả năng tạo hình cao) của tấm thép độ bền cao, và phương pháp sản xuất tấm thép độ bền cao.

<Các thành phần hoá học>

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế bao gồm các thành phần hóa học là tính % theo khối lượng: C: 0,010% đến 0,080%, Si: 0,05% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,10% đến 0,70%, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% đến 0,070% và N: 0,0120% đến 0,0180%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi. Về hàm lượng N trong thép, 0,0100% hoặc lớn hơn hàm lượng của nitơ hoà tan. Các thành phần này sẽ được mô tả dưới đây, trong đó, "%" là "tỷ lệ % theo khối lượng".

C: 0,010% đến 0,080%

Cacbon là yếu tố thể hiện là làm tăng độ bền của tấm thép. Bằng cách giới hạn hàm lượng C đến 0,010% hoặc lớn hơn, thép có thể đạt được độ bền kéo căng bằng 530MPa hoặc lớn hơn theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hoá. Nếu hàm lượng C vượt quá 0,080%, kéo dài theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hoá rơi xuống dưới 7% và tấm thép thể hiện khả năng khớp nối hoặc khả năng tạo hình đỉnh tán kém. Do đó, hàm lượng C cần được giới hạn đến 0,080% hoặc nhỏ hơn. Để đảm bảo tốt khả năng khớp nối và khả năng tạo hình đỉnh tán, tốt hơn là hàm lượng C là nhỏ hơn 0,040%. Bởi vì cỡ hạt ferit trung bình bị giảm với làm tăng hàm lượng C, tốt hơn là hàm lượng C là 0,020% hoặc lớn hơn để đảm bảo rằng, tấm thép sẽ thể hiện độ bền cao.

Si: 0,05% hoặc nhỏ hơn

Nếu tấm thép chứa lượng silic quá lớn, yếu tố được làm giàu ở bề mặt gây ra giảm về các đặc tính xử lý bề mặt của tấm thép. Kết quả là, độ bền ăn mòn của tấm thép bị giảm. Do đó, Si hàm lượng cần được giới hạn đến 0,05% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn.

Mn: 0,10% đến 0,70%

Mangan có tác dụng cải thiện độ cứng của tấm thép bằng dung dịch gia cường. Hơn nữa, mangan hình thành nên MnS và do đó ngăn ngừa một cách hiệu quả việc làm giảm tích dẻo nóng (các đặc tính đúc) mà quy cho lưu huỳnh có mặt trong thép. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Mn cần được giới hạn đến 0,10% hoặc lớn hơn. Bởi vì mangan có hiệu quả làm giảm cỡ hạt, tốt hơn là hàm lượng Mn là 0,20% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, mangan làm giảm tốc độ khuếch tán nitơ và do đó hạn chế hình thành AlN

đảm bảo sự có mặt của nitơ làm chất tan. Do đó, việc bổ sung mangan là có hiệu quả cụ thể là khi độ bền kéo căng để được tăng đến 590MPa hoặc lớn hơn. Vì các thực tế này, tốt hơn nữa là hàm lượng Mn bé lớn hơn 0,50%. Hàm lượng Mn được giới hạn đến 0,70% hoặc nhỏ hơn bởi vì việc bổ sung mangan quá mức bất kỳ không chỉ dẫn đến bão hòa của các tác dụng nêu trên đây mà còn làm cho giảm rõ rệt về khả năng kéo dài.

P: 0,03% hoặc nhỏ hơn

Hàm lượng phospho cao sẽ làm giảm khả năng tạo hình do bị cứng quá mức hoặc sự chia tách trung tâm. Hơn nữa, sự có mặt của lượng phospho lớn làm cho giảm độ bền ăn mòn. Do đó, hàm lượng P được giới hạn đến 0,03% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,02% hoặc nhỏ hơn.

S: 0,020% hoặc nhỏ hơn

Lưu huỳnh hình thành nên sulfua trong thép gây ra giảm về tích dẻo nóng của tấm thép. Do đó, hàm lượng S được giới hạn đến 0,020% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,015% hoặc nhỏ hơn.

Al: 0,005% đến 0,070%

Nhôm là yếu tố được bổ sung làm chất khử oxy. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Al cần được giới hạn đến không nhỏ hơn 0,005%. Nhôm làm giảm lượng nitơ hoà tan trong thép bằng cách hình thành AlN với nitơ. Việc làm giảm về lượng nitơ hoà tan dẫn đến làm giảm về độ bền của tấm thép. Do đó, hàm lượng Al được giới hạn đến 0,070% hoặc nhỏ hơn. Để đảm bảo rằng, lượng nitơ hoà tan sẽ ổn định là 0,0100% hoặc lớn hơn, tốt hơn là hàm lượng Al là 0,020% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,018% hoặc nhỏ hơn.

N: 0,0120% đến 0,0180%, N hoà tan: 0,0100% hoặc lớn hơn

Nitơ có mặt ở dạng nitơ hoà tan thể hiện là làm tăng độ bền của tấm thép. Khi nitơ hoà tan có mặt ở lượng 0,010% hoặc lớn hơn, việc đưa vào lệch mạng trong quá trình cán nguội thứ cấp được tạo thuận tiện và kết quả là sự cân bằng giữa độ bền cao và khả năng tạo hình được cải thiện. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng của nitơ ở dạng nitơ hoà tan cần được giới hạn đến 0,0100% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N hoà tan

tốt hơn nữa là 0,0120% hoặc lớn hơn. Để đảm bảo rằng, hàm lượng N hoà tan sẽ là 0,0100% hoặc lớn hơn, hàm lượng N cần được giới hạn đến 0,0120% hoặc lớn hơn. Hàm lượng N tốt hơn là lớn hơn 0,0130%. Để đảm bảo rằng, hàm lượng N hoà tan sẽ ổn định là 0,0120% hoặc lớn hơn, tốt hơn là sự hình thành AlN trong quá trình các bước sản xuất bị chặn bởi một hoặc kết hợp bất kỳ của một trong (1) kiểm soát hàm lượng Mn đến lớn hơn 0,50%, (2) kiểm soát nhiệt độ cuộn trong quá trình cán nóng đến 640°C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 600°C hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 580°C hoặc nhỏ hơn, và (3) kiểm soát nhiệt độ tôi đến 690°C hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn so với 680°C. Khi độ bền kéo căng được tăng đến 600MPa hoặc lớn hơn để tăng hơn nữa độ bền hoặc làm giảm hơn nữa độ dày của lon, tốt hơn là tất cả ba điều kiện nêu trên đây được kết hợp sao cho thép sẽ thể hiện khả năng tạo hình cao với khả năng kéo dài là 10% hoặc lớn hơn. Mặt khác, việc bổ sung lớn lượng nitơ làm cho giảm kéo dài và kết quả là dẫn đến làm giảm về khả năng tạo hình đỉnh tán và khả năng khớp nối. Do đó, hàm lượng N được giới hạn đến 0,0180% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0170% hoặc nhỏ hơn. Với hàm lượng N ở trong khoảng giá trị nêu trên đây, hàm lượng của nitơ ở dạng nitơ hoà tan là 0,0180% hoặc nhỏ hơn.

Phần (cân bằng) còn lại sau khi bỏ ra các thành phần cơ bản nêu trên đây là sắt và các tạp chất không tránh khỏi.

<Cỡ hạt ferit trung bình: 7,0 μ m hoặc nhỏ hơn>

Ở tấm thép mà thỏa mãn thành phần cấu thành nêu trên đây và còn có mật độ lệch mạng đặc hiệu ở độ sâu 1/4 độ dày tấm, sự cân bằng giữa độ bền cao và khả năng tạo hình được cải thiện bằng cách làm giảm kích cỡ của các hạt ferit sao cho cỡ hạt ferit trung bình sẽ là 7,0 μ m hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, độ giảm về cỡ hạt ferit trung bình đề xuất ưu điểm khác là ngăn ngừa làm ráp da sau khi làm việc. Trong trường hợp này, cỡ hạt ferit trung bình tốt hơn là 6,5 μ m hoặc nhỏ hơn. Cỡ hạt ferit trung bình là giá trị được đo bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ. Với kích cỡ của các hạt ferit sau khi tôi là mịn hơn, việc đưa vào lệch mạng trong quá trình cán nguội thứ cấp được tạo thuận tiện lớn hơn một cách hiệu quả và kết quả là độ bền cao thu được thậm trí với độ giảm chiều dày do cán nhỏ hơn. Kết quả là, sự cân bằng giữa độ bền cao và khả năng tạo hình được cải thiện hơn nữa. Cỡ hạt ferit trung bình sau khi cán nguội thứ cấp

bị giảm so với cỡ hạt này sau khi tôi (trước khi cán nguội thứ cấp). Vì các thực tế này, tốt hơn nữa là cỡ hạt ferit trung bình sau khi cán nguội thứ cấp là 6,0 μm hoặc nhỏ hơn để thu được các tác dụng nêu trên đây. Giới hạn dưới của cỡ hạt ferit trung bình không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, nếu các hạt quá mịn, giảm sự cân bằng giữa độ bền cao và khả năng tạo hình. Vì lý do này, cỡ hạt trung bình tốt hơn là 1,0 μm hoặc lớn hơn. Vi cấu trúc của thép theo sáng chế được dựa trên ferit và pha ferit thể hiện 98% theo thể tích hoặc lớn hơn.

<Mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm: $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ >

Theo sáng chế, việc kiểm soát của mật độ lệch mạng trong tấm thép là quan trọng để thỏa mãn đồng thời độ bền và khả năng tạo hình của tấm thép. Theo sáng chế, mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm cần được kiểm soát đến $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ hoặc lớn hơn để đạt được việc tăng về độ bền. Lệch mạng có mặt ở mật độ quá cao dẫn đến xuất hiện chỗ khuyết trong quá trình tạo hình và do đó làm cho giảm khả năng tạo hình của tấm thép. Do đó, mật độ lệch mạng cần được kiểm soát đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$ hoặc nhỏ hơn. Để kiểm soát mật độ lệch mạng trong khoảng giá trị nêu trên đây, cụ thể, quan trọng là hàm lượng N hoà tan được kiểm soát đến 0,0100% hoặc lớn hơn hoặc tốt hơn là bằng 0,0120% hoặc lớn hơn, và cỡ hạt ferit trung bình để được kiểm soát đến 7,0 μm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 6,5 μm hoặc nhỏ hơn hoặc tốt hơn nữa là 6,0 μm hoặc nhỏ hơn. Mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm là giá trị được đo bằng phương pháp được mô tả trong các ví dụ.

<Chất lượng>

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế đạt được khả năng tạo hình cao trong khi có độ bền cao nhờ có các thành phần hoá học được mô tả trên đây và còn bởi vì cỡ hạt ferit trung bình và mật độ lệch mạng ở 1/4 độ dày tấm được kiểm soát đến 7,0 μm hoặc nhỏ hơn và nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$.

Nhìn chung, rất khó đối với tấm thép mỏng để thỏa mãn được cả hai, độ bền cao và khả năng tạo hình cao. Thuật ngữ "mỏng" có nghĩa là độ dày là không lớn hơn 0,26mm. Theo sáng chế, độ dày tấm có thể là bị giảm đến 0,12mm trong khi vẫn còn

được đảm bảo rằng, độ bền cao và khả năng tạo hình cao có thể được thỏa mãn đồng thời.

Thuật ngữ "độ bền cao" có nghĩa là độ bền kéo căng theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng cán sau khi xử lý già hoá là không nhỏ hơn 530MPa. Với độ bền kéo căng là không nhỏ hơn 530MPa, đủ độ bền lon có thể được đảm bảo khi tấm thép được tạo dạng thành nắp đáy lon hoặc thân lon. Độ bền kéo căng tốt hơn là 550MPa hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 590MPa hoặc lớn hơn. Với độ bền kéo căng là 550MPa hoặc lớn hơn, độ bền cao và khả năng tạo hình cao có thể được thỏa mãn đồng thời thậm trí khi các tấm là cực mỏng. Cụm từ "cực mỏng" có nghĩa là độ dày là 0,18mm hoặc nhỏ hơn.

Thuật ngữ "khả năng tạo hình cao", là để chỉ độ kéo dài theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng cán sau khi xử lý già hoá là 7% hoặc lớn hơn. Với kéo dài là 7% hoặc lớn hơn, tấm thép độ bền cao theo sáng chế được áp dụng vào thân lon hoặc lon EOE thể hiện khả năng khớp nối đủ được yêu cầu để sản xuất thân lon hoặc khả năng tạo hình đỉnh tán cần thiết trong sản xuất lon EOE. Khả năng tạo hình cao hơn cần thiết khi độ bền kéo căng cao ở mức 550MPa hoặc lớn hơn, và trong trường hợp này tốt hơn là khả năng kéo dài theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hoá là 10% hoặc lớn hơn.

Trong sản xuất lon, tấm thép được hình thành thường xuyên sau khi các lớp phủ được nung trên tấm thép. Trong trường hợp này, xử lý già hoá trước khi đánh giá chất lượng nên dạng tương đương với việc nung này.

<Phương pháp sản xuất tấm thép độ bền cao>

Tiếp theo là phần mô tả một ví dụ về phương pháp sản xuất tấm thép độ bền cao theo sáng chế.

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế có thể được tạo ra bằng phương pháp gồm có bước cán nóng, bước cán nguội sơ bộ, bước tôi và bước cán nguội thứ hai. Các bước này sẽ được mô tả dưới đây.

Bước cán nóng

Trong bước cán nóng, tấm phôi có các thành phần hoá chất được đề cập trên đây ngoại trừ là hàm lượng N hoà tan (hàm lượng N hoà tan có thể được thỏa mãn hoặc không được thỏa mãn) được gia nhiệt ở nhiệt độ gia nhiệt bằng 1180°C hoặc lớn hơn, được cán với nhiệt độ hoàn thiện cán nóng nằm trong khoảng từ 820 đến 900°C, và được cuộn ở nhiệt độ cuộn là 640°C hoặc nhỏ hơn.

Nếu nhiệt độ gia nhiệt tấm phôi quá thấp, một phần của AlN là không được hòa tan và kết quả là hàm lượng N hoà tan bị giảm. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt được giới hạn đến 1180°C hoặc lớn hơn. Nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là 1200°C hoặc lớn hơn. Trong khi giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt không bị giới hạn cụ thể, nhiệt độ gia nhiệt quá cao có thể làm đưa ra xuất hiện vảy sắt quá mức, dẫn đến lỗi trên bề mặt sản phẩm. Do đó, nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là 1300°C hoặc nhỏ hơn.

Nếu nhiệt độ hoàn thiện cán nóng lớn hơn 900°C, các hạt trong tấm được cán nóng được tạo thô và kết quả là cỡ hạt trong tấm được tôi được tăng và độ cứng của tấm thép giảm. Do đó, nhiệt độ hoàn thiện cán nóng được giới hạn đến 900°C hoặc nhỏ hơn. Nếu nhiệt độ hoàn thiện cán nóng là nhỏ hơn 820°C, cán diễn ra ở hoặc thấp hơn điểm chuyển dạng Ar₃, và kết quả là khả năng tạo hình giảm do hình thành các hạt thô và còn duy trì biến dạng vi cấu trúc. Do đó, nhiệt độ hoàn thiện cán nóng được giới hạn đến 820°C hoặc lớn hơn. Nhiệt độ hoàn thiện cán nóng tốt hơn là 840°C hoặc lớn hơn.

Nếu nhiệt độ cuộn lớn hơn 640°C, lớn lượng AlN được hình thành trong quá trình cuộn và kết quả là lượng nitơ hoà tan bị giảm. Hơn nữa, cuộn ở lớn hơn so với 640°C dẫn đến việc tạo thô các hạt trong tấm được cán nóng và do đó làm cho cỡ hạt sau khi tôi cần được tăng. Vì các lý do này, nhiệt độ cuộn được giới hạn đến 640°C hoặc nhỏ hơn. Nhiệt độ cuộn tốt hơn là 600°C hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 580°C hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của nhiệt độ cuộn không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, nếu nhiệt độ cuộn quá thấp, biến thiên nhiều về nhiệt độ bị gây ra trong quá trình làm mát có thể làm đưa ra biến thiên rộng về độ bền kéo căng và kéo dài. Trong trường hợp này, nhiệt độ cuộn tốt hơn là 500°C hoặc lớn hơn.

Bước cán nguội sơ bộ

Trong bước cán nguội sơ bộ, tấm thép được cán nóng được tẩy sạch (vảy) và được cán nguội sơ bộ với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép là 85% hoặc lớn hơn.

Các điều kiện tẩy sạch không bị giới hạn cụ thể chỉ cần là cần vảy có thể được loại. Phương pháp tẩy sạch thông thường có thể được sử dụng.

Cỡ hạt sau khi tôi có thể là bị giảm và sự cân bằng giữa độ bền kéo căng và kéo dài có thể được cải thiện bằng cách kiểm soát thích hợp việc độ giảm chiều dày do cán trong quá trình cán nguội sơ bộ. Để thu được hiệu quả này, độ giảm chiều dày do cán được giới hạn đến 85% hoặc lớn hơn. Việc cán với độ giảm quá lớn làm cho độ bền kéo căng và kéo dài dễ là dị hướng rộng trong mặt phẳng, dẫn đến làm giảm về khả năng tạo hình. Do đó, độ giảm chiều dày do cán trong bước này tốt hơn là nhỏ hơn so với 91,5%.

Bước tôi

Trong bước tôi, tiến hành tôi tấm đã được cán nguội ở nhiệt độ tôi bằng 620°C hoặc lớn hơn và 690°C hoặc nhỏ hơn.

Đảm bảo khả năng tạo hình, vi cấu trúc nên được tái kết tinh đủ trong quá trình tôi. Vì mục đích này, nhiệt độ tôi cần được giới hạn đến 620°C hoặc lớn hơn. Nếu nhiệt độ tôi quá cao, cỡ hạt ferit trung bình được tăng và sự cân bằng giữa độ bền kéo căng và kéo dài bị hạ thấp. Trong trường hợp này, nhiệt độ tôi được giới hạn đến 690°C hoặc nhỏ hơn. Ở nhiệt độ tôi cao, AlN có xu hướng được hình thành, gây ra giảm về lượng nitơ hoà tan. Do đó, tốt hơn là nhiệt độ tôi là 680°C hoặc nhỏ hơn. Phương pháp tôi không bị giới hạn cụ thể. Từ quan điểm về đồng nhất chất lượng, phương pháp tôi liên tục được ưu tiên. Thời gian giữ trong bước tôi không bị giới hạn cụ thể nhưng tốt hơn là không nhỏ hơn 5 giây từ quan điểm của đồng nhất về nhiệt độ tấm thép, và tốt hơn là 90 giây hoặc nhỏ hơn để ngăn ngừa tăng về cỡ hạt ferit trung bình.

Bước cán nguội thứ hai (cán DR)

Trong bước cán nguội thứ hai, tấm được tôi được cán nguội lần thứ hai với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép nằm trong khoảng từ 8 đến 20%.

Tấm thép được tôi được gia cường bằng cách đưa vào cán thứ cấp. Hơn nữa, độ dày của tấm thép bị giảm bằng cách cán thứ cấp. Để tăng mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm từ bề mặt và do đó tăng độ bền của tấm thép, mức dát mỏng (tỷ lệ DR) trong cán nguội thứ cấp được giới hạn đến 8% hoặc lớn hơn. Nếu tỷ lệ DR là quá cao, mật độ lệch mạng được tăng quá mức và khả năng tạo hình giảm. Trong trường hợp này, tỷ lệ DR được giới hạn đến 20% hoặc nhỏ hơn. Khi khả năng tạo hình được yêu cầu cụ thể, tỷ lệ DR tốt hơn được kiểm soát đến 15% hoặc nhỏ hơn.

Tấm thép độ bền cao theo sáng chế thu được theo cách được mô tả trên đây. Tác dụng có lợi của sáng chế có thể là vẫn còn đạt được thậm trí khi tấm thép thu được được đưa vào xử lý bề mặt như là mạ và chuyển đổi hóa học.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép loại từ A đến N có thành phần hóa học được mô tả trong Bảng 1, phần còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi, được nấu chảy và được đúc thành tấm phôi bằng thép. Ở các điều kiện được mô tả trong Bảng 2, tấm phôi bằng thép được gia nhiệt, được cán nóng và được tẩy sạch (vẩy) để loại đi cặn vẩy. Sau đó, tấm thép được cán nguội sơ bộ với độ giảm cán nguội sơ bộ được mô tả trong Bảng 2, được tôi trong lò tôi liên tục ở nhiệt độ tôi tương ứng, và đưa vào cán nguội thứ cấp (cán DR) với độ giảm cán nguội thứ cấp tương ứng. Theo cách này, thu được tấm thép (tấm thép Số 1 đến 22) có độ dày tấm nằm trong khoảng từ 0,15 đến 0,26mm. Cả hai mặt của từng loại tấm thép thu được được mạ với thiếc ở lượng phủ là 2,8g/m² một mặt. Tấm thép được mạ thiếc được đưa vào đánh giá các đặc tính bằng các phương pháp dưới đây.

Lượng nitơ hoà tan

Lượng nitơ hoà tan được xác định bằng cách lấy ra lượng nitơ làm AlN được đo bằng cách phân tích chiết với Br metanol 10%, từ lượng tổng nitơ.

Độ bền kéo căng và kéo dài theo hướng cắt ngang sau khi xử lý già hoá

Sau khi xử lý già hoá tương đương với nung ở 210°C trong 10 phút, mảnh thử nghiệm kéo căng JIS Số 5 được tạo mẫu theo hướng cắt ngang và được thử nghiệm theo JIS Z 2241 để đánh giá độ bền kéo căng và kéo dài (tổng kéo dài).

Cỡ hạt ferit trung bình

Phần đi ngang qua theo hướng cán được vùi, được đánh bóng, và được khắc với Nital nhằm để lộ ra các biên hạt. Theo JIS G 0551, cỡ hạt tinh thể trung bình được đo bằng phương pháp giao điểm tuyến tính. Do đó đánh giá được cỡ hạt ferit trung bình.

Mật độ lệch mạng

Mật độ lệch mạng được đo bằng phương pháp Williamson-Hall. Cụ thể là, nửa giá trị độ rộng của các đỉnh nhiễu xạ được chỉ đến các mặt phẳng (110), (211) và (220) được đo ở độ sâu 1/4 độ dày tấm và các kết quả được chỉnh sửa sử dụng một nửa giá trị độ rộng thu được so với mẫu Si không có kéo căng. Độ giãn dài ε được xác định. Mật độ lệch mạng (m^{-2}) được đánh giá theo công thức $\rho = 14,4\varepsilon^2/(0,25 \times 10^{-9})^2$.

Khả năng tạo hình đỉnh tán EOE

Sau khi xử lý già hoá tương đương với nung ở 210°C trong 10 phút, đỉnh tán để gắn đầu EOE được hình thành để đánh giá khả năng tạo hình đỉnh tán. Đỉnh tán được hình thành bằng cách ép 3 bước. Tấm thép được làm phẳng ra và sau đó làm co lại (được giảm về đường kính) để hình thành đỉnh tán hình trụ, đường kính 4,0mm và cao 2,5mm. Khả năng tạo hình đỉnh tán được đánh giá là "×" khi nếp nhăn hoặc rạn nứt xuất hiện trên bề mặt đỉnh tán, và là "○" khi bề mặt là không có nếp nhăn hoặc rạn nứt.

Khả năng khớp nối thân lon

Sau khi xử lý già hoá tương đương với nung ở 210°C trong 10 phút, tấm thép được hàn theo đường hàn để hình thành thân lon đường kính 52,8mm ngoài. Phần đầu được tạo cổ theo đường kính ngoài 50,4mm và sau đó được khớp nối vào đường kính ngoài 55,4mm. Đánh giá sự có mặt hoặc không có mặt rạn nứt khớp nối. Thân lon được hình thành ở kích cỡ lon đồ uống 190g. Việc hàn được thực hiện dọc theo tấm thép hướng cán. Việc tạo cổ được thực hiện bằng quy trình tạo cổ theo khuôn, và khớp nối bằng quy trình khớp nối quay tròn. Khả năng khớp nối được đánh giá là "×" khi phần được khớp nối bị rạn nứt, và là "○" khi không có rạn nứt.

Độ bền lon

Lon được sản xuất bằng cách làm kín nắp đầy cho các mẫu mà đã tạo cổ hoàn chỉnh và được khớp nối. Độ bền của lon được đo bằng cách thử nghiệm rập nối. Mũi núng (máy thử độ cứng) có bán kính đỉnh là 10mm và độ dài là 42mm được ép vào tâm của thân lon đối diện với mối hàn, và đo tải mà làm cho thân lon dễ là bị oằn. Độ bền của lon được đánh giá là tốt "O" khi tải là 70 N hoặc lớn hơn, và là "x" khi tải là nhỏ hơn so với 70 N. Dấu nối "-" chỉ ra rằng tấm thép bị rạn nứt trong quá trình khớp nối và việc sản xuất của có thể không thành công.

Các kết quả được mô tả ở Bảng 3. Trong tất cả các ví dụ, tấm thép đạt được độ bền và khả năng tạo hình ưu việt, với độ bền kéo căng là không nhỏ hơn 530MPa, kéo dài là không nhỏ hơn so với 7%, cỡ hạt ferit không lớn hơn 7,0 μm , và mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$. Ngược lại, tấm thép ở các ví dụ so sánh là kém ở một hoặc nhiều trong số các đặc tính này.

[Bảng 1]

% theo khối lượng								
Loại thép	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Lưu ý
A	0,034	0,01	0,24	0,012	0,011	0,015	0,0155	Ví dụ theo sáng chế
B	0,020	0,02	0,30	0,014	0,010	0,012	0,0144	Ví dụ theo sáng chế
C	0,039	0,01	0,14	0,009	0,013	0,010	0,0163	Ví dụ theo sáng chế
D	0,035	0,01	0,58	0,013	0,009	0,018	0,0122	Ví dụ theo sáng chế
E	0,028	0,01	0,70	0,008	0,008	0,008	0,0175	Ví dụ theo sáng chế
F	0,078	0,01	0,35	0,010	0,009	0,019	0,0132	Ví dụ theo sáng chế
G	0,083	0,01	0,26	0,013	0,012	0,015	0,0132	Ví dụ so sánh
H	0,005	0,01	0,22	0,011	0,010	0,016	0,0149	Ví dụ so sánh
I	0,036	0,01	0,25	0,009	0,012	0,012	0,0191	Ví dụ so sánh
J	0,031	0,01	0,35	0,010	0,008	0,090	0,0038	Ví dụ so sánh
K	0,034	0,01	0,35	0,013	0,010	0,023	0,0149	Ví dụ theo sáng chế
L	0,042	0,01	0,26	0,015	0,011	0,016	0,0126	Ví dụ theo sáng chế
M	0,022	0,01	0,61	0,013	0,009	0,018	0,0153	Ví dụ theo sáng chế
N	0,035	0,01	0,51	0,012	0,010	0,017	0,0148	Ví dụ theo sáng chế

[Bảng 2]

Tấm thép số	Loại thép	Nhiệt độ gia nhiệt để	Nhiệt độ hoàn thiện cán nóng	Nhiệt độ cuộn tấm được cán nóng	Độ dày tấm được cán nóng	Cán dát nguội sơ bộ	Nhiệt độ tôi	Cán dát nguội thứ hai	Độ dày tấm	Ghi chú
		°C	°C	°C	m m	%	°C	%	mm	
1	A	1230	870	540	2,3	89,6	660	12	0,21	Ví dụ theo sáng chế
2	B	1230	890	580	2,6	88,9	620	10	0,26	Ví dụ theo sáng chế
3	C	1210	900	500	2,0	90,2	630	8	0,18	Ví dụ theo sáng chế
4	D	1180	820	620	1,8	88,9	670	15	0,17	Ví dụ theo sáng chế
5	E	1260	850	520	2,1	91,1	690	20	0,15	Ví dụ theo sáng chế
6	F	1220	890	610	2,0	89,8	680	12	0,18	Ví dụ theo sáng chế
7	G	1240	880	550	2,0	89,8	680	12	0,18	Ví dụ so sánh
8	H	1195	870	540	1,8	90,7	650	10	0,15	Ví dụ so sánh
9	I	1240	880	590	2,2	88,8	660	15	0,21	Ví dụ so sánh
10	J	1250	850	550	2,4	90,4	650	9	0,21	Ví dụ so sánh
11	A	1220	970	560	2,3	92,3	640	15	0,15	Ví dụ so sánh
12	A	1220	780	560	2,3	90,8	640	15	0,18	Ví dụ so sánh
13	A	1230	860	680	2,0	90,9	670	12	0,16	Ví dụ so sánh
14	B	1150	870	600	1,6	80,0	670	10	0,20	Ví dụ so sánh
15	B	1210	840	580	2,3	87,7	740	8	0,26	Ví dụ so sánh
16	B	1210	840	540	2,3	87,7	550	8	0,26	Ví dụ so sánh
17	B	1190	890	610	0,18	91,2	625	5	0,15	Ví dụ so sánh
18	B	1190	890	610	2,6	90,1	625	30	0,18	Ví dụ so sánh
19	K	1210	870	580	2,0	90,3	670	12	0,17	Ví dụ theo sáng chế
20	L	1190	900	560	2,0	90,0	650	10	0,18	Ví dụ theo sáng chế
21	M	1220	880	530	2,0	90,0	650	10	0,18	Ví dụ theo sáng chế
22	N	1220	880	530	2,0	90,0	650	10	0,18	Ví dụ theo sáng chế

[Bảng 3]

Tâm thép số	Loại thép	Nitơ hoà tan % theo khối lượng	Độ bền kéo MPa	Độ giãn dài %	Mật độ lệch mạng 10^{14} m^{-2}	Cỡ hạt ferit trung bình μm		Tạo hình đỉnh tán EOE	Khả năng khớp nối	Độ bền lon		Đánh giá độ bền lon	Ghi chú
										N			
1	A	0,0148	580	11	7,1	5,6		o	o	155		o	Ví dụ theo sáng chế
2	B	0,0140	550	12	6,5	5,2		o	o	260		o	Ví dụ theo sáng chế
3	C	0,0159	555	14	5,5	5,1		o	o	98		o	Ví dụ theo sáng chế
4	D	0,0106	620	9	10,2	5,9		o	o	90		o	Ví dụ theo sáng chế
5	E	0,0166	675	7	14,6	5,4		o	o	75		o	Ví dụ theo sáng chế
6	F	0,0105	590	7	8,0	6,0		o	o	102		o	Ví dụ theo sáng chế
7	G	0,0121	600	4	6,8	5,6		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
8	H	0,0136	480	13	6,4	7,9		x	o	51		x	Ví dụ so sánh
9	I	0,0186	640	4	11,2	6,3		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
10	J	0,0019	490	9	5,8	6,7		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
11	A	0,0145	515	7	9,7	7,5		o	o	55		x	Ví dụ so sánh
12	A	0,0146	600	5	11,7	6,3		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
13	A	0,0115	520	9	6,9	7,3		o	o	63		x	Ví dụ so sánh
14	B	0,0122	523	10	6,3	8,6		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
15	B	0,0142	518	11	4,9	8,1		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
16	B	0,0139	580	3	7,6	4,3		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
17	B	0,0126	480	15	2,8	6,2		o	o	50		x	Ví dụ so sánh
18	B	0,0125	690	4	26,1	6,1		x	x	-		-	Ví dụ so sánh
19	K	0,0112	545	9	7,8	4,7		o	o	83		o	Ví dụ theo sáng chế
20	L	0,0106	540	8	5,8	6,2		o	o	95		o	Ví dụ theo sáng chế
21	M	0,0139	620	11	6,8	5,0		o	o	101		o	Ví dụ theo sáng chế
22	N	0,0123	595	13	6,3	5,4		o	o	96		o	Ví dụ theo sáng chế

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép độ bền cao bao gồm các thành phần hoá học, tính % theo khối lượng: C: 0,010% đến 0,080%, Si: 0,05% hoặc nhỏ hơn, Mn: lớn hơn 0,50% đến 0,70%, P: 0,03% hoặc nhỏ hơn, S: 0,020% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,005% đến 0,070% và N: 0,0120% đến 0,0180%, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi,

nitơ có mặt là nitơ ở dạng hoà tan với hàm lượng bằng 0,0120% hoặc lớn hơn so với tổng hàm lượng N nêu trên,

cỡ hạt ferit trung bình là 7,0 μ m hoặc nhỏ hơn,

mật độ lệch mạng ở độ sâu 1/4 độ dày tấm tính từ bề mặt nằm trong khoảng từ $4,0 \times 10^{14} \text{ m}^{-2}$ đến $2,0 \times 10^{15} \text{ m}^{-2}$, trong đó mật độ lệch mạng (m^{-2}) được đánh giá theo công thức $\rho = 14,4\epsilon^2/(0,25 \times 10^{-9})^2$ và ϵ là độ giãn dài,

độ bền kéo căng và độ giãn dài theo hướng cắt ngang vuông góc với hướng cán sau khi xử lý già hoá lần lượt là 600MPa hoặc lớn hơn và 10% hoặc lớn hơn.

2. Phương pháp sản xuất tấm thép độ bền cao theo điểm 1, trong đó phương pháp này bao gồm:

bước cán nóng gồm gia nhiệt tấm phôi ở nhiệt độ gia nhiệt bằng 1180°C hoặc lớn hơn, cán tấm phôi với nhiệt độ hoàn thiện cán nóng nằm trong khoảng từ 820°C đến 900°C và cuộn tấm ở nhiệt độ cuộn là 640°C hoặc nhỏ hơn,

bước cán nguội sơ bộ gồm tẩy sạch cho tấm thép đã được cán nóng và cán nguội tấm với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép là 85% hoặc lớn hơn,

bước tôi gồm tôi tấm thép đã được cán nguội sơ bộ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 620°C đến 690°C, và

bước cán nguội thứ hai gồm cán nguội thứ cấp tấm thép đã được tôi với tỷ lệ giảm độ dày tấm thép nằm trong khoảng từ 8% đến 20%.