



(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) 
1-0021390

(51)⁷ **C22C 38/00, B21B 1/22, 3/00, C21D**
9/46, C22C 38/12, 38/54

(13) **B**

(21) 1-2013-01718

(22) 27.04.2011

(86) PCT/JP2011/060273 27.04.2011

(87) WO2012/073538A1 07.06.2012

(30) 2010-264447 29.11.2010 JP

(45) 25.07.2019 376

(43) 25.09.2013 306

(73) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan

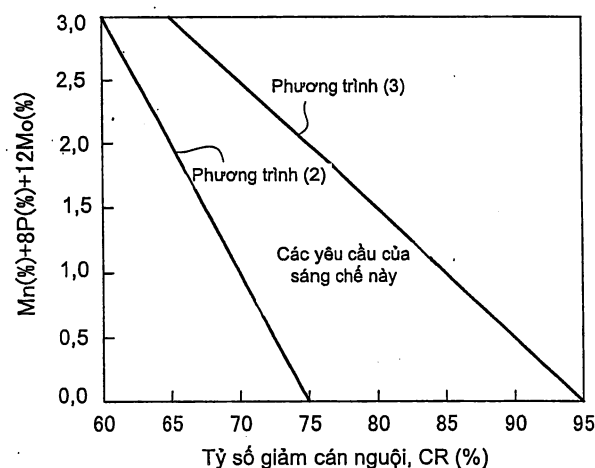
(72) AKAMATSU Satoshi (JP), OKA Masaharu (JP)

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

(54) **TẤM THÉP CÁN NGUỘI ĐỘ BỀN CAO HÓA CỨNG ĐƯỢC DO NUNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY**

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung rất tốt về khả năng hóa cứng do nung, tính chống hóa già do lạnh, khả năng kéo sâu, và tính bất đẳng hướng phẳng giảm, tấm thép này chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng: C: 0,0010% đến 0,0040%, Si: 0,005% đến 0,05%, Mn: 0,1% đến 0,8%, P: 0,01% đến 0,07%, S: 0,001% đến 0,01%, Al: 0,01% đến 0,08%, N: 0,0010% đến 0,0050%, Nb: 0,002% đến 0,020%, và Mo: 0,005% đến 0,050%, trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P, lượng C trong dung dịch rắn thu được từ $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%]$ nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%, trong đó $[C\%]$ là lượng C và $[Nb\%]$ là lượng Nb, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này thỏa mãn biểu thức (1) sau đây, trong đó X(222), X(110), và X(200) là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng {222}, mặt phẳng {110}, và mặt phẳng {200}, song song với mặt phẳng được đặt tại độ sâu 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, và tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa.

$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0$ Biểu thức (1)



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung được dùng làm các tấm vỏ ngoài của ô tô, tấm thép này có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa, có khả năng hóa cứng do nung (đặc tính BH), tính chống hóa già do lạnh và khả năng kéo sâu rất tốt, và thể hiện tính bất đẳng hướng phẳng giảm, và sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép độ bền cao đã được sử dụng làm các thân xe nhằm mục đích làm giảm trọng lượng của xe. Trong những năm gần đây, các tấm thép độ bền cao này đã được yêu cầu phải giảm độ dày và có khả năng chống lõm cao. Để đáp ứng các yêu cầu này, các tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung đã được sử dụng.

Các tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung có giới hạn chảy gần bằng giới hạn chảy của tấm thép mềm, và do đó, thể hiện khả năng tạo hình rất tốt tại thời điểm ép tạo hình. Ngoài ra, quy trình phủ và nung được thực hiện sau quá trình ép tạo hình để nâng cao giới hạn chảy. Cụ thể hơn, các tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung có cả khả năng tạo hình và độ bền cao.

Quá trình hóa cứng do nung dùng sự hóa già biến dạng trong đó sự chuyển vị cấu trúc tinh thể xảy ra trong quá trình làm biến dạng được cố định bởi cacbon trong dung dịch rắn hoặc nitơ trong dung dịch rắn, mà chúng là các thành phần đặc liên nút được hòa tan trong thép. Lượng hóa cứng được do nung (lượng BH) tăng lên với sự gia tăng của các lượng cacbon trong dung dịch rắn và nitơ trong dung dịch rắn. Tuy nhiên, nếu thành phần dung dịch rắn tăng lên quá mức, thì làm suy giảm khả năng tạo hình do sự hóa già do lạnh. Do đó, điều quan trọng là kiểm soát thích hợp các thành phần dung dịch rắn.

Thông thường, đối với tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung, không chú ý đến sự thay đổi trị số r (trị số Lankford), trị số này có vai trò như chỉ số cho khả năng kéo sâu hoặc trị số $|\Delta r|$ chỉ báo tính bất đẳng hướng phẳng của khả năng kéo sâu phụ thuộc vào Mn và P được bổ sung để làm tăng độ bền của thép, hoặc

phụ thuộc vào Mo được bổ sung để làm tăng tính chống hóa già do lạnh.

Thông thường, các tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung khác nhau đã được đề xuất. Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 mô tả tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung và phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung, trong đó việc tăng bền dung dịch rắn của thép cacbon thấp có Nb được bổ sung vào đó đạt được bằng cách bổ sung Mn và P; khả năng hóa cứng do nung được tác động bằng cách điều chỉnh lượng C trong dung dịch rắn trong khi tính đến sự cân bằng giữa lượng C và lượng Nb; và tính chống hóa già do lạnh được tác động bằng cách bổ sung Mo. Tuy nhiên, các kỹ thuật nêu trên được thực hiện dựa trên ý tưởng sử dụng cacbon biên hạt để thu được khả năng hóa cứng do nung nhờ tạo ra hạt mịn vi cấu trúc, và do đó, sự phân tán AlN là điều cần thiết. Điều này ức chế sự phát triển của hạt trong quá trình ủ cũng như tái kết tinh. Ngoài ra, trong vị trí thứ nhất, lượng Al được bổ sung là lớn, và do đó, các khuyết tật bề mặt bị gây ra do oxit rất có khả năng xảy ra. Hơn thế nữa, các tài liệu này không thảo luận về khả năng kéo sâu chẳng hạn như trị số r và tính bất đẳng hướng phẳng của khả năng kéo sâu.

Tài liệu sáng chế 3 đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung được sử dụng cho các tấm bên ngoài của ô tô và có tính chống hóa già do lạnh và phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung, trong đó tỷ số giảm cán nguội được xác định với chức năng của lượng C được bổ sung để làm giảm tính bất đẳng hướng phẳng. Tuy nhiên, thay vì thép có cacbon thấp, tài liệu sáng chế 3 đề cập đến tấm thép có vi cấu trúc hỗn hợp chẳng hạn như thép DP được tạo thành bởi ferit và pha biến đổi nhiệt độ thấp, và dường như liên quan đến thép có độ bền cao đáng kể. Ngoài ra, lý do bổ sung Mo cũng như Cr và V là để nâng cao khả năng hóa cứng của austenit để thu được pha biến đổi nhiệt độ thấp. Bản thân tài liệu này không bộc lộ trị số r , và khả năng kéo sâu là không rõ ràng.

Các tài liệu trích dẫn

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Bản dịch tiếng Nhật được công bố số 2009-509046 của công bố quốc tế PCT

Tài liệu sáng chế 2: Bản dịch tiếng Nhật được công bố số 2007-089437 của công bố quốc tế PCT

Tài liệu sáng chế 3: Patent Nhật Bản số 4042560

Mục đích của sáng chế là giải quyết các nhược điểm của các kỹ thuật thông thường nêu trên, và đề xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa, có khả năng hóa cứng do nung rất tốt (đặc tính BH), tính chống hóa già do lạnh, và khả năng kéo sâu, và có tính bất đẳng hướng phẳng bị giảm, và phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, sáng chế đề xuất sử dụng các kết cấu và phương pháp dưới đây.

(1) Khía cạnh thứ nhất của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nguội độ bền cao rất tốt về khả năng hóa cứng được do nung, tính chống hóa già do lạnh, khả năng kéo sâu và tính bất đẳng hướng phẳng giảm, chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng là: C: 0,0010% đến 0,0040%, Si: 0,005% đến 0,05%, Mn: 0,1% đến 0,8%, P: 0,01% đến 0,07%, S: 0,001% đến 0,01%, Al: 0,01% đến 0,08%, N: 0,0010% đến 0,0050%, Nb: 0,002% đến 0,020%, và Mo: 0,005% đến 0,050%, trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P, lượng C trong dung dịch rắn thu được từ $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%]$ nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%, trong đó $[C\%]$ là lượng C và $[Nb\%]$ là lượng Nb, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây, trong đó X(222), X(110), và X(200) là các tỷ số của cường độ tích hợp của sự nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng {222}, mặt phẳng {110}, và mặt phẳng {200}, song song với mặt phẳng được đặt tại độ sâu 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, và tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa.

$$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0 \quad \text{Biểu thức (1)}$$

(2) Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo mục

(1) còn chứa, theo khối lượng, ít nhất một thành phần hóa học được lựa chọn từ: Cu: 0,01% đến 1,00%, Ni: 0,01% đến 1,00%, Cr: 0,01% đến 1,00%, Sn: 0,001% đến 0,100%, V: 0,02% đến 0,50%, W: 0,05% đến 1,00%, Ca: 0,0005% đến 0,0100%, Mg: 0,0005% đến 0,0100%, Zr: 0,0010% đến 0,0500%, và REM: 0,0010% đến 0,0500%.

(3) Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo mục (1) hoặc (2) có thể có lớp phủ được bố trí trên ít nhất một bề mặt.

(4) Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung rất tốt về khả năng hóa cứng do nung, tính chống hóa già do lạnh, và khả năng kéo sâu và tính bất đẳng hướng phẳng giảm, tấm thép này chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng là: C: 0,0010% đến 0,0040%, Si: 0,005% đến 0,05%, Mn: 0,1% đến 0,8%, P: 0,01% đến 0,07%, S: 0,001% đến 0,01%, Al: 0,01% đến 0,08%, N: 0,0010% đến 0,0050%, Nb: 0,002% đến 0,020%, Mo: 0,005% đến 0,050%, Ti: 0,0003% đến 0,0200%, và B: 0,0001% đến 0,0010%, trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P, trị số của $[Nb\%]/[Ti\%]$ nằm trong khoảng từ 0,2 đến 40, trong đó $[Nb\%]$ là lượng Nb và $[Ti\%]$ là lượng Ti, trị số của $[B\%]/[N\%]$ nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3, trong đó $[B\%]$ là lượng B và $[N\%]$ là lượng N, C trong dung dịch rắn được biểu thị bởi $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%] - (12/48) \times [Ti'\%]$ nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%, $[Ti'\%]$ là $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%]$ trong trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] \geq 0$ trong khi $[Ti'\%]$ bằng không trong trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] < 0$, với phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung thỏa mãn biểu thức sau đây (1), trong đó X(222), X(110), và X(200) là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng {222}, mặt phẳng {110}, và mặt phẳng {200}, song song với mặt phẳng được đặt tại độ sâu 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, và tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa.

$$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0 \quad \text{Biểu thức (1)}$$

(5) Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo mục (4) còn chứa, theo khối lượng, ít nhất một thành phần hóa học được lựa chọn từ:

Cu: 0,01% đến 1,00%, Ni: 0,01% đến 1,00%, Cr: 0,01% đến 1,00%, Sn: 0,001% đến 0,100%, V: 0,02% đến 0,50%, W: 0,05% đến 1,00%, Ca: 0,0005% đến 0,0100%, Mg: 0,0005% đến 0,0100%, Zr: 0,0010% đến 0,0500%, và REM: 0,0010% đến 0,0500%.

(6) Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo mục (4) hoặc (5) có thể có lớp phủ được bố trí trên ít nhất một bề mặt.

(7) Khía cạnh thứ ba của sáng chế đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung, bao gồm các bước: cán nóng phối chứa các thành phần hóa học theo mục bất kỳ trong số các mục (1), (2), (4) và (5) tại nhiệt độ nung không nhỏ hơn 1200°C và tại nhiệt độ kết thúc không nhỏ hơn 900°C để thu được tấm theo được cán nóng; cuộn tấm thép cán nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C; làm mát tấm thép cán nóng mà đã được cuộn với tốc độ làm mát không lớn hơn 0,01°C/giây để làm giảm nhiệt độ ít nhất từ 400°C đến 250°C; thực hiện cán nguội dưới điều kiện mà tỷ số giảm cán nguội CR% tại thời điểm cán nguội sau khi tẩy gỉ bằng axit thỏa mãn các biểu thức (2) và (3) dưới đây, trong đó [Mn%] là lượng Mn, [P%] là lượng P, và [Mo%] là lượng Mo; thực hiện việc ủ liên tục trong khoảng nhiệt độ từ 770°C đến 820°C; và thực hiện cán nguội theo lệ giảm cán là từ 1,0% đến 1,5%.

$$CR\% \geq 75 - 5 \times ([Mn\%] + 8[P\%] + 12[Mo\%]) \quad \text{Biểu thức (2)}$$

$$CR\% \leq 95 - 10 \times ([Mn\%] + 8[P\%] + 12[Mo\%]) \quad \text{Biểu thức (3)}$$

(8) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo mục (7) có thể còn bao gồm bước bố trí lớp phủ trên ít nhất một bề mặt trước khi thực hiện cán nguội.

Theo kết cấu và phương pháp nêu trên, hiệu quả của việc bổ sung Mn, P và thành phần khác được định rõ, và tỷ số giảm cán nguội có hiệu quả lớn về khả năng kéo sâu được điều chỉnh, nhờ đó có thể tạo ra tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa, rất tốt về khả năng hóa cứng do nung (đặc tính BH), tính chống hóa già do lạnh, và khả năng kéo sâu, và thể hiện tính bất đẳng hướng phẳng giảm.

Mô tả vắn tắt hình vẽ

Fig.1 là sơ đồ thể hiện mối tương quan giữa tỷ số giảm cán nguội CR% và các thành phần của tấm thép theo một phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các tác giả sáng chế thực hiện nghiên cứu về các thành phần của tấm thép và phương pháp sản xuất tấm thép, và đã nhận ra rằng, bằng cách áp dụng việc cán nguội tại tỷ số giảm cán nguội được định trước trong khi kiểm soát thích hợp các thành phần hóa học của tấm thép, có thể thu được tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có độ bền kéo trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa, thể hiện khả năng hóa cứng do nung rất tốt (đặc tính BH), tính chống hóa già do lạnh, và khả năng kéo sâu, và có tính bất đẳng hướng phẳng giảm.

Dưới đây, sẽ mô tả chi tiết về tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung dựa trên các kết quả nêu trên và theo một phương án của sáng chế.

Trước hết, các thành phần hóa học của tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này sẽ được mô tả. Lượng của mỗi thành phần hóa học được chỉ báo theo % khối lượng.

(C: 0,0010% đến 0,0040%)

C là thành phần để tạo thuận lợi cho việc tăng bền dung dịch rắn và cải thiện khả năng hóa cứng do nung. Trong trường hợp trong đó lượng C nhỏ hơn 0,0010%, độ bền kéo thấp không mong muốn do lượng nhỏ đáng kể C, và lượng cacbon tuyệt đối tồn tại trong thép là thấp không mong muốn ngay cả nếu Nb được bổ sung với mục đích tạo ra hạt tinh thể mịn hơn. Do đó, khả năng hóa cứng do nung thích hợp không thể thu được. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng C vượt quá 0,0040%, lượng C trong trạng thái dung dịch rắn trong thép tăng lên, và khả năng hóa cứng do nung tăng lên đáng kể. Tuy nhiên, tính chống hóa già do lạnh của YP-EI $\leq 0,3\%$ sau khi hóa già không thể thu được, và biến dạng dọc xuất hiện tại thời điểm ép tạo hình, nhờ đó làm suy giảm khả năng tạo hình. Do đó, lượng C được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0040%, và ngoài ra, lượng C trong dung dịch rắn được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025% như được nêu trên, sao cho có thể thu được khả năng hóa cứng do nung với lượng BH là 30 MPa hoặc lớn hơn, và tính chống hóa già do lạnh với YP-EI là 0,3% hoặc nhỏ

hơn sau khi ủ.

Tốt hơn là, giới hạn thấp nhất của lượng C được thiết đặt là 0,0012%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0014%. Tốt hơn là, giới hạn trên của lượng C được thiết đặt là 0,0038%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0035%.

(Si: 0,005% đến 0,05%)

Si là thành phần để nâng cao độ bền. Khi lượng Si tăng lên, độ bền tăng lên nhưng khả năng tạo hình giảm đi. Do đó, giảm thiểu lượng Si càng nhiều càng tốt, và do đó, giới hạn trên của lượng Si được thiết đặt là 0,05%. Mặt khác, giới hạn dưới của lượng Si được thiết đặt là 0,005%, xét đến chi phí yêu cầu để làm giảm lượng Si.

Tốt hơn là, giới hạn dưới của lượng Si được thiết đặt là 0,01%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,02%. Giới hạn trên của lượng Si tốt hơn được thiết đặt là 0,04%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,03%.

(Mn: 0,1% đến 0,8%)

Mn là thành phần thực hiện chức năng như thành phần tăng bền dung dịch rắn để thu được độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa. Trong trường hợp trong đó lượng Mn nhỏ hơn 0,1%, độ bền kéo thích hợp không thể thu được. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Mn vượt quá 0,8%, độ bền tăng lên rất lớn và khả năng tạo hình bị giảm đi do sự tăng bền dung dịch rắn. Do đó, lượng Mn được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,8%.

Tốt hơn là, giới hạn dưới của lượng Mn được thiết đặt là 0,12%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,24%. Giới hạn trên của lượng Mn tốt hơn được thiết đặt là 0,60%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,45%.

(P: 0,01% đến 0,07%)

Như trong trường hợp với Mn, P là thành phần thực hiện chức năng như thành phần tăng bền dung dịch rắn để thu được độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa. Trong trường hợp trong đó lượng P nhỏ hơn 0,01%, độ bền kéo thích hợp không thể thu được. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng P vượt quá 0,07%, thì sẽ làm xuất hiện độ giòn trong công đoạn thứ cấp. Do đó, lượng P được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,07%.

Tốt hơn là, giới hạn dưới của lượng P được thiết đặt là 0,011%, và tốt hơn

nữa được thiết đặt là 0,018%. Giới hạn trên của lượng P tốt hơn được thiết đặt là 0,058%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,050%.

Cả Mn và P là các thành phần tăng bền dung dịch rắn. Nếu tỷ lệ (Mn/P) của lượng Mn so với lượng P nhỏ hơn 1,6 hoặc vượt quá 45,0, thì khả năng tạo hình sẽ suy giảm. Do đó, trong tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này, lượng Mn và lượng P được kiểm soát sao cho trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45,0, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P. Với việc kiểm soát này, có thể thu được độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa mà không làm giảm khả năng tạo hình.

Tốt hơn là, trị số giới hạn dưới của $[Mn\%]/[P\%]$ được thiết đặt là 4,0, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 8,0. Trị số giới hạn trên của $[Mn\%]/[P\%]$ tốt hơn được thiết đặt là 40,0, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 35,0.

(S: 0,001% đến 0,01%)

Trong trường hợp trong đó lượng S lớn, vật liệu suy giảm chất lượng do sự kết tủa quá mức. Do đó, lượng S được thiết đặt là 0,01% hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, tính đến chi phí cần để làm giảm lượng S, giới hạn dưới của lượng S được thiết đặt là 0,001%.

Tốt hơn là, giới hạn dưới của lượng S được thiết đặt là 0,002%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,003%. Giới hạn trên của lượng S tốt hơn được thiết đặt là 0,007%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,006%.

(Al: 0,01% đến 0,08%)

Thông thường, 0,01% Al hoặc lượng nhiều hơn được bổ sung vào thép để khử oxit. Trong trường hợp trong đó lượng Al vượt quá 0,08%, các khuyết tật bề mặt do oxit rất có khả năng xảy ra. Do đó, lượng Al được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,08%.

Giới hạn dưới của lượng Al tốt hơn được thiết đặt là 0,019%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,028%. Giới hạn trên của lượng Al tốt hơn được thiết đặt là 0,067%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,054%.

(N: 0,0010% đến 0,0050%)

N tồn tại trong thép như nitơ trong dung dịch rắn để nâng cao giới hạn đàn hồi, và có tốc độ khuếch tán rất cao khi so với tốc độ khuếch tán của cacbon. Do

đó, trong trường hợp trong đó N tồn tại trong thép trong trạng thái dung dịch rắn, tính chống hóa già do lạnh giảm đi đáng kể khi so với trường hợp cacbon trong dung dịch rắn. Vì lý do này, N được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0050%.

Giới hạn dưới của lượng N tốt hơn được thiết đặt là 0,0013%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0018%. Giới hạn trên của lượng N tốt hơn được thiết đặt là 0,0041%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0033%.

(Nb: 0,002% đến 0,020%)

Nb là thành phần tạo hình mạng cacbonitrit để cố định cacbon tồn tại trong thép như chất kết tủa NbC, và thực hiện chức năng để kiểm soát lượng cacbon trong dung dịch rắn trong thép. Để thu được cả khả năng hóa cứng do nung và sự chống hóa già với cacbon trong dung dịch rắn bằng cách duy trì cacbon trong dung dịch rắn tồn tại trong thép, lượng Nb được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,002% đến 0,020%, và C trong dung dịch rắn được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025% như được mô tả dưới đây. Các thiết đặt này tạo ra khả năng hóa cứng do nung với lượng BH là 30 MPa hoặc lớn hơn, và tính chống hóa già do lạnh với YP-El là 0,3% hoặc nhỏ hơn sau khi hóa già.

Giới hạn dưới của lượng Nb tốt hơn được thiết đặt là 0,003%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,005%. Giới hạn trên của lượng Nb tốt hơn được thiết đặt là 0,012%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,008%.

(Mo: 0,005% đến 0,050%)

Mo tồn tại trong trạng thái dung dịch rắn nâng cao lực liên kết của biên hạt để ngăn biên hạt không bị bẻ vỡ do P, nói cách khác, cải thiện tính chống gòn công đoạn thứ cấp, và ngăn chặn sự phân tán của cacbon do độ dính bám với cacbon trong dung dịch rắn để cải thiện tính chống hóa già, do đó góp phần vào tính chống hóa già do lạnh với YP-El là 0,3% hoặc nhỏ hơn sau khi hóa già. Do đó, giới hạn dưới của lượng Mo được thiết đặt là 0,005%. Mặt khác, giới hạn trên của lượng Mo được thiết đặt là 0,050% xét đến chi phí sản xuất và tỷ lệ của lượng liên quan đến hiệu quả thu được từ lượng Mo được bổ sung.

Giới hạn dưới của lượng Mo tốt hơn được thiết đặt là 0,006%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,012%. Giới hạn trên của lượng Mo tốt hơn được thiết đặt là

0,048%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,039%.

Phần còn lại của thép được tạo nên bởi Fe và các tạp chất không tránh được khác. Thép có thể chứa các tạp chất không tránh được đến khoảng mà chúng không gây bất lợi cho hiệu quả của sáng chế nhưng các tạp chất không tránh được được mong muốn càng ít càng tốt.

(C trong dung dịch rắn: 0,0005% đến 0,0025%)

Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này chứa C trong dung dịch rắn nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%. Giới hạn dưới của lượng C trong dung dịch rắn tốt hơn được thiết đặt là 0,0006%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0007%. Giới hạn trên của C trong dung dịch rắn tốt hơn được thiết đặt là 0,0020%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0015%. Trong trường hợp trong đó tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này chứa các thành phần nêu trên, C trong dung dịch rắn có thể thu được từ $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%]$. Trong phần mô tả này, $[C\%]$ và $[Nb\%]$ lần lượt là lượng C và lượng Nb.

Với tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này và có các thành phần nêu trên, có thể đạt được độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa, khả năng kéo sâu rất tốt với trị số r trung bình $\geq 1,4$, tính bất đẳng hướng phẳng giảm là $|\Delta r| \leq 0,5$, khả năng hóa cứng do nung là 30 MPa hoặc cao hơn, và tính chống hóa già do lạnh với $YP-EI \leq 0,3\%$ sau khi hóa già.

Cần lưu ý là, trong tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này, các thành phần hóa học dưới đây có thể được bổ sung phụ thuộc vào ứng dụng.

(Ti: 0,0003% đến 0,0200%)

Ti là thành phần bổ sung cho Nb, và thép có thể chứa Ti nằm trong khoảng từ 0,0003% đến 0,0200% vì lý do tương tự như Nb.

Trong trường hợp trong đó Nb và Ti được bổ sung theo cách kết hợp, C trong dung dịch rắn có thể thu được từ $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%] - (12/48) \times [Ti'\%]$. Trong phần mô tả này, $[C\%]$ và $[Nb\%]$ lần lượt là lượng C và lượng Nb. Trong trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] \geq 0$, $[Ti'\%]$ là $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%]$. Trong

trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] < 0$, $[Ti'\%]$ là không.

Trong trường hợp này, lượng C trong dung dịch rắn có thể nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%.

Giới hạn dưới của lượng Ti tốt hơn được thiết đặt là 0,0005%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0020%. Giới hạn trên của lượng Ti tốt hơn được thiết đặt là 0,0150%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0100%.

Cả Nb và Ti nêu trên đều được sử dụng để kiểm soát lượng C trong dung dịch rắn. Tuy nhiên, do khác nhau về khả năng tạo ra cacbonitrit, nên lượng Nb và lượng Ti có thể được kiểm soát sao cho trị số $[Nb\%]/[Ti\%]$ nằm trong khoảng từ 0,2 đến 40, trong đó $[Nb\%]$ là lượng Nb và $[Ti\%]$ là lượng Ti, để kiểm soát thích hợp hơn nữa lượng C trong dung dịch rắn. Trị số giới hạn dưới của $[Nb\%]/[Ti\%]$ tốt hơn được thiết đặt là 0,3, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,4. Trị số giới hạn trên của $[Nb\%]/[Ti\%]$ tốt hơn được thiết đặt là 36,0, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 10,0.

(B: 0,0001% đến 0,0010%)

B được tách ra trong biên hạt, và được bổ sung để ngăn ngừa tính giòn trong công đoạn thứ cấp. Tuy nhiên, trong trường hợp trong đó lượng B nhất định hoặc nhiều hơn được bổ sung vào thép, thì vật liệu sẽ kém chất lượng theo cách sao cho độ bền tăng lên và tính dẻo bị giảm đi đáng kể. Do đó, B cần phải được bổ sung vào thép trong khoảng thích hợp, và tốt hơn là được bổ sung vào thép theo lượng nằm trong khoảng từ 0,0001% đến 0,0010%.

Giới hạn dưới của lượng B tốt hơn được thiết đặt là 0,0002%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0003%. Giới hạn trên của lượng B tốt hơn được thiết đặt là 0,0008%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0006%.

Cả B và N nêu trên tạo ra BN, và trong một số trường hợp, làm giảm hiệu quả tăng bền biên hạt với B hòa tan. Để ngăn chặn sự suy giảm, lượng B và lượng N có thể được kiểm soát sao cho $[B\%]/[N\%]$ nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3, trong đó $[B\%]$ là lượng B và $[N\%]$ là lượng N.

Trị số giới hạn dưới của $[B\%]/[N\%]$ tốt hơn được thiết đặt là 0,10, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,15. Trị số giới hạn trên của $[B\%]/[N\%]$ tốt hơn được thiết đặt là 2,50, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 2,00.

Hơn nữa, ngoài các thành phần hóa học nêu trên, tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này có thể chứa ít nhất một thành phần được lựa chọn từ Cu, Ni, Cr, V, W, Sn, Ca, Mg, Zr, và REM trong khoảng dưới đây để cải thiện tính dai và tính dẻo.

(Cu: 0,01% đến 1,00%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Cu, cần thiết đặt lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,00%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa quá 1,00% C, có khả năng là tính dai và tính dẻo giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Cu được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,01%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Cu tốt hơn được thiết đặt là 0,02%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,03%. Giới hạn trên của lượng Cu tốt hơn được thiết đặt là 0,50%, tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,30%.

(Ni: 0,01% đến 1,00%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Ni, cần thiết đặt lượng Ni nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,00%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 1,00% Ni, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Ni được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,01%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Ni tốt hơn được thiết đặt là 0,02%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,03%. Giới hạn trên của lượng Ni tốt hơn được thiết đặt là 0,50%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,30%.

(Cr: 0,01% đến 1,00%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Cr, cần thiết đặt lượng Cr nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,00%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 1,00% Cr, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Cr được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,01%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Cr tốt hơn được thiết đặt là 0,02%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,03%. Giới hạn trên của lượng Cr tốt hơn được thiết đặt là 0,50%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,30%.

(Sn: 0,001% đến 0,100%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Sn, cần thiết đặt lượng Sn nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,100%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,100% Sn, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Sn được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,001%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Sn tốt hơn được thiết đặt là 0,005%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,010%. Giới hạn trên của lượng Sn tốt hơn được thiết đặt là 0,050%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,030%.

(V: 0,02% đến 0,50%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với V, cần thiết đặt lượng V nằm trong khoảng từ 0,02% đến 0,50%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,50% V, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng V được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,02%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng V tốt hơn được thiết đặt là 0,03%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,05%. Giới hạn trên của lượng V tốt hơn được thiết đặt là 0,30%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,20%.

(W: 0,05% đến 1,00%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với W, cần thiết đặt lượng W nằm trong khoảng từ 0,05% đến 1,00%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 1,00% W, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng W được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,05%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng W tốt hơn được thiết đặt là 0,07%, tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,09%. Giới hạn trên của lượng W tốt hơn được thiết đặt là 0,50%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,30%.

(Ca: 0,0005% đến 0,0100%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Ca, cần thiết đặt lượng Ca nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,0100% Ca, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm

đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Ca được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,0005%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Ca tốt hơn được thiết đặt là 0,0010%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0015%. Giới hạn trên của lượng Ca tốt hơn được thiết đặt là 0,0080%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0050%.

(Mg: 0,0005% đến 0,0100%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Mg, cần thiết đặt lượng Mg nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0100%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,0100% Mg, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Mg được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,0005%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Mg tốt hơn được thiết đặt là 0,0010%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0015%. Giới hạn trên của lượng Mg tốt hơn được thiết đặt là 0,0080%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0050%.

(Zr: 0,0010% đến 0,0500%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với Zr, cần thiết đặt lượng Zr nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0500%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,0500% Zr, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Zr được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,0010%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng Zr tốt hơn được thiết đặt là 0,0030%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0050%. Giới hạn trên của lượng Zr tốt hơn được thiết đặt là 0,0400%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0300%.

(REM: 0,0010% đến 0,0500%)

Để đạt được hiệu quả cải thiện tính dai và tính dẻo với kim loại đất hiếm (REM), cần thiết đặt lượng REM nằm trong khoảng từ 0,0010% đến 0,0500%. Trong trường hợp trong đó tấm thép chứa nhiều hơn 0,0500% REM, có khả năng là tính dai và tính dẻo suy giảm đi. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng REM được kiểm soát ổn định nhỏ hơn 0,0010%, chi phí cần cho việc kiểm soát này tăng lên đáng kể.

Giới hạn dưới của lượng REM tốt hơn được thiết đặt là 0,0015%, và tốt hơn

nữa được thiết đặt là 0,0020%. Giới hạn trên của lượng REM tốt hơn được thiết đặt là 0,0300%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 0,0100%.

Với tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này, bằng cách kiểm soát tỷ số giảm cán nguội như được mô tả dưới đây, có thể thu được khả năng kéo sâu và tính bất đẳng hướng phẳng giảm phù hợp. Dưới đây, phần mô tả sẽ trình bày về cấu trúc của tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung thu được bằng cách kiểm soát tỷ số giảm cán nguội như được nêu trên.

Trong tấm thép mỏng, đã biết rằng trị số r tăng lên với sự gia tăng trong mặt phẳng $\{111\}$ song song với bề mặt tấm, và trị số r giảm đi với sự gia tăng trong mặt phẳng $\{100\}$ và mặt phẳng $\{110\}$ song song với bề mặt tấm.

Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này thỏa mãn

$$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0 \quad \text{Biểu thức (1)}$$

trong đó $X(222)$, $X(110)$, và $X(200)$ lần lượt là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của mặt phẳng $\{222\}$, mặt phẳng $\{110\}$, và mặt phẳng $\{200\}$, song song với mặt phẳng được đặt tại độ sâu $1/4$ độ dày tấm được đo từ bề mặt của mặt phẳng, nhờ đó thu được trị số r trung bình và Δr .

Trong phần mô tả này, tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X là cường độ tương quan dựa trên cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của mẫu tiêu chuẩn không định hướng. Nhiễu xạ tia X có thể được đo với thiết bị nhiễu xạ tia X loại phân tán năng lượng hoặc thiết bị nhiễu xạ tia X thông thường khác.

Cần lưu ý là trị số của $X(222)/\{X(110) + X(200)\}$ tốt hơn được thiết đặt là 4,0 hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 5,0 hoặc lớn hơn.

Cần lưu ý là việc phủ (mạ) có thể được áp dụng cho ít nhất một bề mặt của tấm thép. Loại phủ (mạ) bao gồm, chẳng hạn, mạ bằng điện, mạ nhúng nóng, phủ (mạ) nhúng nóng với kẽm hợp kim, và phủ (mạ) nhôm.

Tiếp theo, phần mô tả sẽ trình bày phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này ít nhất bao gồm bước cán nóng, bước cuộn, bước làm mát sau khi cuộn, bước cán nguội, bước

ủ liên tục, và bước cán ram. Mỗi trong số các bước sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Bước cán nóng

Trong bước cán nóng, phôi thép có các thành phần nêu trên được cán nóng để sản xuất tấm thép cán nóng. Nhiệt độ nung được thiết đặt là 1200°C hoặc lớn hơn, tốt hơn được thiết đặt là 1220°C hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 1250°C hoặc lớn hơn, tại đó cấu trúc austenit trước khi cán nóng có thể được ủ đồng đều một cách hiệu quả. Nhiệt độ cuối cùng của quá trình cán nóng được thiết đặt là không nhỏ hơn 900°C , mà nó tương ứng với nhiệt độ Ar_3 , tốt hơn được thiết đặt là 920°C hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 950°C hoặc lớn hơn.

Bước cuộn

Trong bước cuộn, tấm thép cán nóng được cuộn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C .

Trong trường hợp trong đó nhiệt độ cuộn nhỏ hơn 700°C , sự kết tủa của NbC hoặc cacbua khác không xảy ra đủ trong quá trình làm mát cuộn chậm sau khi cuộn, và do đó, cacbon trong dung dịch rắn còn lại quá mức trong tấm được cán nóng. Do đó, cấu trúc hợp nhất có trị số r phù hợp không hoàn thiện tại thời điểm ủ sau khi cán nguội, làm cho khả năng kéo sâu kém. Mặt khác, trong trường hợp trong đó nhiệt độ cuộn vượt quá 800°C , cấu trúc cán nóng trở nên thô, và cấu trúc hợp nhất có trị số r phù hợp không hoàn thiện tại thời điểm ủ sau khi cán nguội, làm cho khả năng kéo sâu kém.

Do đó, giới hạn dưới của nhiệt độ cuộn tốt hơn được thiết đặt là 710°C , và tốt hơn nữa được thiết đặt là 720°C . Giới hạn trên của nhiệt độ cuộn tốt hơn được thiết đặt là 790°C , và tốt hơn nữa được thiết đặt là 780°C .

Bước làm mát sau khi cuộn

Trong bước làm mát sau khi cuộn, tấm thép cán nóng sau khi cuộn được làm mát ở tốc độ làm mát $0,01^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc chậm hơn, tốt hơn là ở tốc độ làm mát là $0,008^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là ở tốc độ làm mát $0,006^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn. Chỉ cần thiết là, ở tốc độ làm mát, quá trình làm mát được thực hiện sao cho nhiệt độ tấm thép giảm đi ít nhất từ 400°C đến 250°C . Đó là bởi vì, trong khoảng nhiệt độ này, giới hạn hòa tan của cacbon đủ thấp, và cacbon phân tán đủ, sao cho một lượng nhỏ cacbon trong dung dịch rắn có thể kết tủa như cacbua.

Trong trường hợp trong đó tốc độ làm mát sau khi cuộn vượt quá $0,01^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, cacbon trong dung dịch rắn còn lại quá mức trong tấm được cán nóng. Do đó, cấu trúc hợp nhất có trị số r phù hợp không hoàn thiện tại thời điểm ủ sau khi cán nguội, có thể làm suy giảm khả năng kéo sâu. Giới hạn dưới của tốc độ làm mát sau khi cuộn có thể được thiết đặt là $0,001^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn, và tốt hơn được thiết đặt là $0,002^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn do tính đến sản lượng.

Bước cán nguội

Trong bước cán nguội, tấm thép cán nóng mà đã được cuộn và được trải qua quá trình tẩy gỉ bằng axit được cán nguội để sản xuất tấm thép cán nguội.

Tỷ số giảm cán nguội CR% được thiết đặt để thỏa mãn các biểu thức (2) và (3) dưới đây phụ thuộc vào lượng Mn, P, và Mo để đạt được khả năng kéo sâu rất tốt của trị số r trung bình $\geq 1,4$ và tính bất đẳng hướng phẳng giảm là $|\Delta r| \leq 0,5$.

$$\text{CR}\% \geq 75 - 5 \times ([\text{Mn}\%] + 8[\text{P}\%] + 12[\text{Mo}\%]) \quad \text{Biểu thức (2)}$$

$$\text{CR}\% \leq 95 - 10 \times ([\text{Mn}\%] + 8[\text{P}\%] + 12[\text{Mo}\%]) \quad \text{Biểu thức (3)}$$

Trong phần mô tả này, CR% là tỷ lệ cán nguội (%), và [Mn(%)], [P(%)], và [Mo(%)] lần lượt là % khối lượng của Mn, P, và Mo.

Biểu thức (2) là điều kiện để thỏa mãn trị số r trung bình $\geq 1,4$, và biểu thức (3) là điều kiện để thỏa mãn $|\Delta r| \leq 0,5$. Với điều kiện mà thỏa mãn cả hai điều kiện nêu trên, có thể thu được tấm thép cán nguội có tính bất đẳng hướng phẳng giảm và khả năng kéo sâu phù hợp.

Cần lưu ý là Fig.1 thể hiện mối tương quan giữa tỷ số giảm cán nguội CR% và các thành phần của tấm thép theo phương án của sáng chế.

Bước ủ liên tục

Trong bước ủ liên tục, tấm thép cán nguội được trải qua quá trình ủ liên tục ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 770°C đến 820°C .

Như được nêu trên, tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo phương án này là thép có cacbon thấp có Nb được bổ sung vào đó (Nb-SULC), và có nhiệt độ tái kết tinh cao hơn nhiệt độ tái kết tinh của thép có cacbon thấp có Ti được bổ sung vào đó (Ti-SULC). Do đó, nhiệt độ ủ liên tục được thiết đặt nằm trong khoảng từ 770°C đến 820°C để hoàn thành việc tái kết tinh.

Giới hạn dưới của nhiệt độ ủ liên tục tốt hơn được thiết đặt là 780°C , và tốt

hơn nữa được thiết đặt là 790°C . Giới hạn trên của nhiệt độ ủ liên tục tốt hơn được thiết đặt là 810°C , và tốt hơn nữa được thiết đặt là 800°C .

Bước cán ram

Trong bước cán ram, tấm thép cán nguội sau khi việc ủ liên tục được trải qua bước cán ram ở tỷ lệ giảm cán nằm trong khoảng từ 1,0% đến 1,5% để sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung.

Tỷ lệ giảm cán trong quá trình cán ram được thiết đặt nằm trong khoảng từ 1,0% đến 1,5%, mà nó cao hơn thép cacbon thấp thông thường (SULC), vì mục đích ngăn ngừa biến dạng dọc xuất hiện tại thời điểm ép tạo hình do C tồn tại trong dung dịch rắn, bằng cách sử dụng tấm thép cán nguội hóa cứng được do nung được sản xuất bằng phương pháp sản xuất nêu trên.

Giới hạn dưới của tỷ lệ giảm cán trong bước cán ram tốt hơn được thiết đặt là 1,05%, tốt hơn nữa là 1,10%. Giới hạn trên của tỷ lệ giảm cán tốt hơn được thiết đặt là 1,4%, và tốt hơn nữa được thiết đặt là 1,3%.

Bước phủ

Cần lưu ý là, giữa bước ủ liên tục và bước cán ram, có thể thực hiện quy trình phủ (mạ) cho ít nhất một mặt của tấm thép. Các ví dụ về các loại quy trình phủ (mạ) bao gồm mạ điện, mạ nhúng nóng, phủ (mạ) nhúng nóng với kẽm hợp kim, và phủ (mạ) nhôm. Các điều kiện phủ (mạ) không bị giới hạn cụ thể.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa vào các ví dụ. Các mẫu từ 1 đến 29 được sản xuất bằng cách cho các phôi thép từ A đến U có các khoảng thành phần được thể hiện trong bảng 1 và bảng 2 trải qua bước cán nóng, cuộn, làm mát sau khi cuộn, làm mát sau khi tẩy gỉ bằng axit, ủ liên tục, và cán ram dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 3. Bảng 4 thể hiện các kết quả đo của các mẫu từ 1 đến 29 xét theo độ bền kéo (MPa), trị số BH (MPa), trị số r trung bình, $|\Delta r|$, và YP-El (%) sau khi hóa già.

BH(%) là khả năng hóa cứng do nung, và lượng BH được đo sao cho: lượng biến dạng trước trong thử nghiệm BH là 2%; hóa già tương ứng với quy trình phủ và nung được thực hiện theo các điều kiện là nhiệt độ 170°C trong 20 phút; và việc đánh giá được thực hiện với điểm giới hạn trên tại thời điểm chịu kéo lại. YP-El

(%) sau khi hóa già là chỉ số để đánh giá tính chống hóa già do lạnh, và biểu thị sự kéo dài giới hạn chảy khi xử lý nhiệt được đặt trong một giờ ở nhiệt độ 100°C, và sau đó thử nghiệm kéo được thực hiện.

Các mẫu thử nghiệm số 5 được định rõ trong chuẩn JIS Z 2201 được cắt khỏi tấm thép cán nguội theo chiều L (chiều cán), chiều D (ở góc 45° so với chiều cán), và chiều C (ở góc 90° so với chiều cán); các trị số r (r_L , r_D , r_C) thu được đối với mỗi trong số các chiều tương ứng với các yêu cầu theo chuẩn JIS Z 2254; và trị số r trung bình và tính bất đẳng hướng phẳng (trị số Δr) thu được tương ứng với các biểu thức (4) và (5). Cần lưu ý là biến dạng dẻo được áp là 15%, mà nó nằm trong khoảng độ giãn đồng đều quy định.

$$\text{Trị số } r \text{ trung bình} = (r_L + 2 \times r_D + r_C)/4 \quad \text{Biểu thức (4)}$$

$$\text{Trị số } \Delta r = (r_L - 2 \times r_D + r_C)/2 \quad \text{Biểu thức (5)}$$

Với thiết bị nhiễu xạ tia X loại phân tán năng lượng, phép đo được thực hiện trên X(222), X(110), và X(200) là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng {222}, mặt phẳng {110}, và mặt phẳng {200}, song song với mặt phẳng được đặt ở độ sâu là 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, nhờ đó thu được trị số (trị số T) $T = X(222)/\{X(110) + X(200)\}$.

Bảng 1

Thép	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Nb	Mo	Ti	B
% khối lượng											
A	0,0019	0,01	0,39	0,047	0,008	0,062	0,0021	0,006	0,036		
B	0,0012	0,02	0,45	0,056	0,006	0,051	0,0033	0,003	0,048		
C	0,0038	0,01	0,60	0,022	0,003	0,034	0,0018	0,014	0,029		
D	0,0014	0,04	0,37	0,055	0,005	0,048	0,0025	0,003	0,015		
E	0,0022	0,01	0,12	0,066	0,004	0,054	0,0041	0,007	0,039		
F	0,0035	0,02	0,78	0,027	0,005	0,044	0,0011	0,018	0,006	0,001	0,0006
G	0,0033	0,01	0,43	0,050	0,007	0,067	0,0024	0,005	0,026	0,015	0,0003
H	0,0016	0,02	0,35	0,042	0,002	0,019	0,0013	0,008	0,034		
I	0,0035	0,01	0,38	0,058	0,004	0,036	0,0010	0,009	0,005	0,010	0,0025
J	0,0031	0,04	0,76	0,018	0,006	0,028	0,0023	0,015	0,012	0,009	0,0005
K	0,0018	0,02	0,35	0,035	0,006	0,053	0,0025	0,005	0,028		
L	0,0028	0,03	0,38	0,042	0,005	0,048	0,0021	0,006	0,023	0,013	0,0004
M	0,0008	0,01	0,57	0,062	0,005	0,060	0,0017	0,005	0,030		
N	0,0045	0,02	0,24	0,063	0,003	0,055	0,0022	0,009	0,042	0,010	0,0002
O	0,0023	0,01	0,40	0,049	0,008	0,046	0,0018	0,013	0,038	0,008	
P	0,0018	0,01	0,08	0,007	0,005	0,051	0,0025	0,007	0,031		
Q	0,0021	0,02	0,35	0,055	0,002	0,040	0,0034	0,008	0,003		
R	0,0027	0,06	0,78	0,016	0,006	0,062	0,0023	0,005	0,038		
S	0,0035	0,02	0,10	0,072	0,008	0,034	0,0017	0,002	0,026	0,014	0,0003
T	0,0023	0,04	0,75	0,062	0,006	0,049	0,0020	0,006	0,045		
U	0,0032	0,01	0,20	0,028	0,005	0,058	0,0019	0,010	0,023	0,011	0,0003

Bảng 2

Thép	Cu	Ni	Cr	Sn	V	W	Ca	Mg	Zr	REM	Ti	C trong dung dịch đặc	Mn/P	Nb/Ti	B/N
% khối lượng															
A												0,0011	8,3		
B												0,0008	8,0		
C												0,0020	27,3		
D												0,0010	6,7		
E												0,0013	1,8		
F											(0,003)	0,0012	28,9	36,00	0,55
G											0,007	0,0010	8,6	0,30	0,13
H	0,10	0,10	0,20	0,050								0,0006	8,3		
I	0,20	0,10	0,30	0,080							0,007	0,0007	6,6	0,90	2,50
J											0,001	0,0009	42,2	1,70	0,22
K					0,04	0,09	0,0025	0,0028	0,02	0,0045		0,0012	10,0		
L					0,05	0,10	0,0031	0,0035	0,01	0,0036	0,006	0,0006	9,0	0,50	0,19
M												0,0002	9,2		
N											0,002	0,0027	3,8	0,90	0,09
O											0,002	0,0002	8,2	1,60	
P												0,0009	11,4		
Q												0,0011	6,4		
R												0,0021	48,8		
S											0,008	0,0012	1,4	0,10	0,18
T	0,30			0,100								0,0015	12,1		
U												0,0008	7,1	0,90	0,20

Bảng 3

Mẫu	Thép	Nhiệt độ trong quy trình cán nóng		Nhiệt độ cuối cùng trong quy trình cán nóng		Nhiệt độ cuộn trong quy trình cán nóng		Tốc độ làm mát từ 400°C đến 250°C		Hệ số giảm cán nguội		Giá trị của phương trình (2)		Giá trị của phương trình (3)		Nhiệt độ ủ		Hệ số giảm cán ram		Giá trị của phương trình (1)	
		(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C)	(°C/sec)	(%)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(°C)	(%)	(giá trị T)	(giá trị T)
1	A	1250	950	750	0,005	75	69	83	800	1,2	9,3										
2	B	1230	920	720	0,002	75	68	80	820	1,5	7,2										
3	C	1240	930	770	0,003	80	69	84	770	1,3	11,5										
4	D	1210	910	740	0,009	82	70	85	790	1,2	10,8										
5	E	1260	960	790	0,006	75	69	84	810	1,0	6,5										
6	F	1220	940	720	0,003	82	70	84	820	1,4	14,9										
7	G	1250	960	750	0,003	70	69	84	800	1,2	3,6										
8	H	1230	930	710	0,005	75	70	84	790	1,3	8,2										
9	I	1210	950	760	0,004	82	70	86	810	1,2	15,2										
10	J	1250	940	730	0,002	84	70	85	800	1,4	14,7										
11	K	1260	960	740	0,004	73	70	85	810	1,1	9,5										
12	L	1240	950	760	0,003	74	70	85	820	1,2	4,1										
13	M	1260	930	730	0,006	70	68	81	790	1,2	3,2										
14	N	1240	950	770	0,004	80	69	83	810	1,0	6,7										
15	O	1250	960	720	0,005	82	69	83	790	1,4	5,6										
16	P	1230	920	740	0,003	80	72	90	780	1,3	7,2										
17	Q	1240	980	750	0,006	82	71	87	800	1,2	11,3										
18	R	1210	930	710	0,007	75	68	81	810	1,5	2,8										
19	S	1230	910	790	0,009	82	70	85	790	1,0	2,2										
20	T	1280	960	720	0,007	80	66	77	800	1,3	2,6										
21	U	1260	940	740	0,008	70	72	88	810	1,4	2,1										
22	A	1180	870	750	0,005	75	69	83	750	1,2	2,7										
23	A	1270	980	820	0,004	73	69	83	800	1,7	2,3										
24	A	1230	910	650	0,009	74	69	83	770	0,8	2,2										
25	A	1240	930	700	0,100	76	69	83	830	1,2	2,8										
26	G	1170	980	830	0,005	72	69	84	810	1,2	2,2										
27	G	1230	880	710	0,008	70	69	84	760	1,9	2,5										
28	G	1270	910	640	0,006	71	69	84	840	1,1	2,3										
29	G	1260	930	730	0,090	74	69	84	770	0,6	2,8										

Bảng 4

Mẫu	Thép	Độ bền kéo		BH	Giá trị r trung bình	$ \Delta r $	YP-EI sau khi hóa già	
		(MPa)	(MPa)				(%)	(%)
1	A	363		36	1,7	0,4		0
2	B	375		33	1,6	0,3		0
3	C	358		52	1,8	0,5		0,1
4	D	381		35	1,8	0,5		0
5	E	346		41	1,6	0,3		0
6	F	357		44	1,9	0,5		0
7	G	370		39	1,5	0,4		0
8	H	354		32	1,7	0,3		0
9	I	360		58	1,9	0,5		0,2
10	J	342		42	1,8	0,5		0
11	K	387		34	1,7	0,3		0
12	L	390		36	1,6	0,3		0
13	M	384		18	1,5	0,2		0
14	N	361		72	1,8	0,4		1,5
15	O	352		24	1,8	0,5		0
16	P	284		35	1,8	0,4		0
17	Q	350		38	1,9	0,5		0,9
18	R	388		42	1,7	0,6		0
19	S	453		36	1,2	0,3		0
20	T	388		42	1,8	0,7		0
21	U	348		36	1,3	0,3		0
22	A	342		31	1,3	0,5		0
23	A	358		32	1,2	0,6		0
24	A	375		39	1,1	0,7		0,3
25	A	366		38	1,3	0,5		0
26	G	367		38	1,2	0,6		0
27	G	375		34	1,3	0,5		0
28	G	370		39	1,2	0,6		0,4
29	G	370		39	1,3	0,5		0

Có thể thấy từ bảng 1 đến bảng 4, điều được xác nhận là, với các ví dụ so sánh mà không thỏa mãn các điều kiện của sáng chế, thì bất kỳ trong số độ bền kéo, BH, trị số r trung bình, trị số $|\Delta r|$, và YP-El (%) sau khi hóa già do lạnh bị suy giảm. Mặt khác, với các ví dụ mà thỏa mãn các điều kiện của sáng chế, thì độ bền kéo, BH, trị số r trung bình, trị số $|\Delta r|$, và YP-El (%) sau khi hóa già do lạnh là phù hợp. Từ các ví dụ nêu trên, hiệu quả của sáng chế được xác nhận.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung có khả năng hóa cứng do nung rất tốt và tính chống hóa già do lạnh, tính bất đẳng hướng phẳng giảm đi, và khả năng kéo sâu thích hợp, và phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung rất tốt về khả năng hóa cứng do nung, tính chống hóa già do lạnh, khả năng kéo sâu và tính bất đẳng hướng phẳng giảm, chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng:

C: 0,0010% đến 0,0040%,

Si: 0,005% đến 0,05%,

Mn: 0,1% đến 0,8%,

P: 0,01% đến 0,07%,

S: 0,001% đến 0,01%,

Al: 0,01% đến 0,08%,

N: 0,0010% đến 0,0050%,

Nb: 0,002% đến 0,020%, và

Mo: 0,005% đến 0,050%,

trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P,

lượng C trong dung dịch rắn thu được từ $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%]$ nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%, trong đó $[C\%]$ là lượng C và $[Nb\%]$ là lượng Nb,

với phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó

tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây, trong đó $X(222)$, $X(110)$, và $X(200)$ là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng $\{222\}$, mặt phẳng $\{110\}$, và mặt phẳng $\{200\}$, song song với mặt phẳng được đặt ở độ sâu 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, và

tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa.

$$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0 \quad \text{Biểu thức (1)}$$

2. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo điểm 1, trong đó tấm thép này còn chứa, theo khối lượng, ít nhất một thành phần hóa học được lựa chọn từ:

Cu: 0,01% đến 1,00%,

Ni: 0,01% đến 1,00%,
 Cr: 0,01% đến 1,00%,
 Sn: 0,001% đến 0,100%,
 V: 0,02% đến 0,50%,
 W: 0,05% đến 1,00%,
 Ca: 0,0005% đến 0,0100%,
 Mg: 0,0005% đến 0,0100%,
 Zr: 0,0010% đến 0,0500%, và
 REM: 0,0010% đến 0,0500%.

3. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo điểm 1 hoặc 2, trong đó lớp phủ được bố trí trên ít nhất một bề mặt.

4. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung rất tốt về khả năng hóa cứng do nung, tính chống hóa già do lạnh, khả năng kéo sâu, và tính bất đẳng hướng phẳng giảm, chứa các thành phần hóa học theo % khối lượng:

C: 0,0010% đến 0,0040%,
 Si: 0,005% đến 0,05%,
 Mn: 0,1% đến 0,8%,
 P: 0,01% đến 0,07%,
 S: 0,001% đến 0,01%,
 Al: 0,01% đến 0,08%,
 N: 0,0010% đến 0,0050%,
 Nb: 0,002% đến 0,020%,
 Mo: 0,005% đến 0,050%,
 Ti: 0,0003% đến 0,0200%, và
 B: 0,0001% đến 0,0010%,

trị số của $[Mn\%]/[P\%]$ nằm trong khoảng từ 1,6 đến 45, trong đó $[Mn\%]$ là lượng Mn và $[P\%]$ là lượng P,

trị số của $[Nb\%]/[Ti\%]$ nằm trong khoảng từ 0,2 đến 40, trong đó $[Nb\%]$ là lượng Nb và $[Ti\%]$ là lượng Ti,

trị số của $[B\%]/[N\%]$ nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3, trong đó $[B\%]$ là lượng B và $[N\%]$ là lượng N,

C trong dung dịch rắn được biểu thị bởi $[C\%] - (12/93) \times [Nb\%] - (12/48) \times [Ti'\%]$ nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,0025%,

$[Ti'\%]$ là $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%]$ trong trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] \geq 0$, trong khi $[Ti'\%]$ là không trong trường hợp $[Ti\%] - (48/14) \times [N\%] < 0$, trong khi

với phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được, trong đó

tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây, trong đó X(222), X(110), và X(200) là các tỷ số của cường độ tích hợp của nhiễu xạ tia X của lần lượt mặt phẳng {222}, mặt phẳng {110}, và mặt phẳng {200}, song song với mặt phẳng được đặt tại độ sâu 1/4 độ dày tấm được đo từ bề mặt của tấm thép, và

tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung này có độ bền kéo nằm trong khoảng từ 300 MPa đến 450 MPa.

$$X(222)/\{X(110) + X(200)\} \geq 3,0 \quad \text{Biểu thức (1)}$$

5. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo điểm 4, trong đó tấm thép này còn chứa, theo khối lượng, ít nhất một thành phần hóa học được lựa chọn từ:

- Cu: 0,01% đến 1,00%,
- Ni: 0,01% đến 1,00%,
- Cr: 0,01% đến 1,00%,
- Sn: 0,001% đến 0,100%,
- V: 0,02% đến 0,50%,
- W: 0,05% đến 1,00%,
- Ca: 0,0005% đến 0,0100%,
- Mg: 0,0005% đến 0,0100%,
- Zr: 0,0010% đến 0,0500%, và
- REM: 0,0010% đến 0,0500%.

6. Tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo điểm 4 hoặc 5, trong đó lớp phủ được bố trí trên ít nhất một bề mặt.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung bao gồm các bước:

cán nóng phơi chứa các thành phần hóa học theo điểm bất kỳ trong số các

điểm 1, 2, 4 và 5 ở nhiệt độ nung không nhỏ hơn 1200°C và ở nhiệt độ kết thúc không nhỏ hơn 900°C để thu được tấm thép cán nóng;

cuộn tấm thép cán nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 800°C;

làm mát tấm thép cán nóng mà đã được cuộn ở tốc độ làm mát không lớn hơn 0,01°C/giây để làm giảm nhiệt độ ít nhất từ 400°C đến 250°C;

thực hiện cán nguội dưới điều kiện mà tỷ số giảm cán nguội CR% tại thời điểm cán nguội sau khi tẩy gỉ bằng axit thỏa mãn các biểu thức (2) và (3) dưới đây, trong đó [Mn%] là lượng Mn, [P%] là lượng P, và [Mo%] là lượng Mo;

thực hiện ủ liên tục trong khoảng nhiệt độ từ 770°C đến 820°C; và

thực hiện cán ram theo tỷ lệ giảm cán là từ 1,0% đến 1,5%.

$$CR\% \geq 75 - 5 \times ([Mn\%] + 8[P\%] + 12[Mo\%]) \quad \text{Biểu thức (2)}$$

$$CR\% \leq 95 - 10 \times ([Mn\%] + 8[P\%] + 12[Mo\%]) \quad \text{Biểu thức (3)}$$

8. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao hóa cứng được do nung theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước tạo lớp phủ lên ít nhất một bề mặt trước khi thực hiện cán ram.

FIG. 1

