



(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)



1-0027466

(51)⁷ C22C 38/04; C21D 8/02

(13) B

(21) 1-2013-00041

(22) 04/01/2013

(30) 2012-044048 29/02/2012 JP

(45) 25/02/2021 395

(43) 25/09/2013 306A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) OKUDA, Kaneharu (JP); KAWAMURA, Kenji (JP); TAKAGI, Shusaku (JP).

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

(54) TẤM THÉP CÁN NGUỘI ĐỘ BỀN CAO CÓ GIỚI HẠN CHẢY VỚI TÍNH
KHÔNG ĐẲNG HƯỚNG HAI CHIỀU THẤP VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT
TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp và tính năng dập tạo hình xuất sắc có thành phần bao gồm (theo % khối lượng): C: từ 0,06% đến 0,12%; Si: 0,7% hoặc nhỏ hơn; Mn: từ 1,2% đến 2,6%; P: 0,020% hoặc nhỏ hơn; S: 0,03% hoặc nhỏ hơn; Al hoà tan: từ 0,01% đến 0,5%; N: 0,005% hoặc nhỏ hơn; phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được. Tấm thép này bao gồm, theo các tỷ lệ thể tích so với toàn bộ cấu trúc tế vi, 60% hoặc lớn hơn là pha ferit làm pha chính và 5% hoặc lớn hơn và 20% hoặc nhỏ hơn pha mactensit và có hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, được sử dụng một cách thích hợp làm các tấm thép để sản xuất ô tô, v.v. và cả phương pháp sản xuất các tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, nhằm làm giảm sự phát thải khí CO₂ theo quan điểm bảo vệ môi trường toàn cầu, yêu cầu tiến triển cải thiện hiệu suất đốt nhiên liệu của ô tô. Hơn nữa, độ an toàn tăng cường được tập trung vào các đặc tính va đập của thân phương tiện giao thông được yêu cầu nhằm đảm bảo sự an toàn của hành khách khi có va đập. Như vậy, các biện pháp tích cực đã được đưa ra nhằm làm cho thân phương tiện giao thông nhẹ hơn và khỏe hơn.

Để đồng thời đạt được việc làm giảm trọng lượng và cải thiện độ bền của thân ô tô, việc sử dụng một cách hữu hiệu các loại vật liệu có độ bền cao để cho phép làm giảm chiều dày tấm thép cũng như độ cứng vững không bị ảnh hưởng xấu. Do đó, tấm thép cán nguội độ bền cao được sử dụng một cách tiên phong đối với các chi tiết phương tiện giao thông ngày nay.

Tấm thép bền hơn là tấm thép có hiệu ứng trọng lượng nhẹ lớn hơn. Chẳng hạn, có xu hướng trong ngành công nghiệp ô tô là sử dụng tấm thép có độ bền kéo (TS) không dưới 500 MPa hoặc thậm chí không dưới 590 MPa.

Mặt khác, cần phải làm cho các tấm thép dùng trong sản xuất ô tô có được tính năng dập tạo hình mỹ mãn, như hầu hết các chi tiết ô tô sử dụng các tấm thép được tạo ra theo công nghệ dập. Tuy nhiên, tấm thép độ bền cao là kém nhiều so với các tấm thép cacbon thấp thông thường về tính năng dập tạo hình, độ dẻo và độ vuốt sâu; vì vậy, yêu cầu cải thiện về mặt này.

Đối với phương án cụ thể của tấm thép độ bền cao, chẳng hạn là đối với cấp 440MPa, tấm thép được sử dụng bằng cách bổ sung Ti và Nb của lượng thích hợp để cố định chất tan C và chất tan N vào tấm thép cacbon cực thấp có tính năng tạo

hình mỹ mãn, nhờ đó thu được thép không có khe hở như là vật liệu cơ bản, sau đó được bổ sung bởi các nguyên tố tăng cường độ bền dung dịch rắn như là Si, Mn, P, v.v..

Hơn nữa, nằm trong khoảng từ 500MPa hoặc lớn hơn hoặc tiếp theo là nằm trong khoảng từ 590MPa hoặc lớn hơn, tấm thép hai pha được sử dụng trong thực tế, chẳng hạn, tấm thép DP có pha kép của ferit và mactensit và sử dụng pha γ dư. Ferit được đặc trưng bởi giới hạn chảy thấp và độ thấm tôi ứng suất cao nhờ ứng suất dư xung quanh mactensit, trong khi mactensit có đặc tính mà độ giãn dài đồng đều được tăng cường nhờ sự chuyển biến pha mactensit cảm ứng độ dẻo.

Thông thường, các đặc tính cơ học của tấm thép độ bền cao có thể được đánh giá theo các đặc tính chịu kéo theo một hướng cụ thể như là hướng vuông góc với hướng cán và tính không đẳng hướng hai chiều của nó có thể được đánh giá theo tính không đẳng hướng hai chiều Δr của trị số Lankford (trị số r). Ở đây, Δr có thể được tính toán theo các trị số Lankford của r_L , r_D và r_C đối với các hướng 0° (hướng L), 45° (hướng D) và 90° (hướng C) so với hướng cán theo công thức sau đây:

$$\Delta r = (r_L + r_C - 2r_D) / 2$$

Tuy nhiên, bằng cách phân tích quá trình dập tạo hình thực tế, người ta nhận thấy rằng, độ ổn định hình dạng sau khi tạo các chi tiết và ứng suất bề mặt bị ảnh hưởng đáng kể bởi tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy. Như vậy, có thể trông chờ rằng, tính năng dập tạo hình có thể được cải thiện bằng cách làm giảm tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy.

Cho rằng tấm thép có tính không đẳng hướng hai chiều thấp, chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 (JP 2004-197155 A) bộc lộ tấm thép cán nguội có độ thấm tôi nung nổi bật và tính không đẳng hướng hai chiều thấp, mà được sử dụng một cách thích hợp đối với các tấm thân ngoài ô tô cũng như phương pháp sản xuất tấm thép này. Công nghệ này là xác định Δr nhờ lượng C và mức độ giảm chiều dày tấm thép nhờ cán nguội, bao gồm tính không đẳng hướng hai chiều cần thiết và độ bền chống lõm có thể được thực hiện một cách đồng thời. Đồng thời, theo công nghệ này, quá trình làm nguội phải được bắt đầu trong phạm vi 2 giây sau quá trình cán nóng và được tiến hành trong phạm vi nhiệt độ là 100°C hoặc lớn hơn và ở tốc độ

làm nguội là 70°C/giây hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, tính không đẳng hướng hai chiều được nêu ở đây là Δr , mà không phải luôn luôn giống với tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy.

Cho rằng tấm thép liên quan đến tính không đẳng hướng hai chiều của độ dẻo, chẳng hạn, tài liệu sáng chế 2 (JP -2005-256020 A) bộc lộ tấm thép có độ ổn định hình dạng mỹ mãn cũng như phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép được đặc trưng như là thép pha phức tạp bao gồm tỷ lệ thể tích tối đa của ferit hoặc bainit và mactensit nằm trong khoảng từ 1% đến 25%. Trong trường hợp này, ít nhất là trong vùng bề mặt tấm từ 1/2 chiều dày đến 1/4 chiều dày, tất cả các điều kiện sau đây phải được đáp ứng:

(1) trị số trung bình (A) của tỷ lệ độ bền ngẫu nhiên tia X của nhóm định hướng của $\{100\} < 011 > \sim \{223\} < 110 >$ là 4,0 hoặc lớn hơn

(2) trị số trung bình (B) của tỷ lệ độ bền ngẫu nhiên tia X của ba sự định hướng tinh thể của $\{554\} < 225 >$; $\{111\} < 112 >$; và $\{111\} < 110 >$ là 5,5 hoặc nhỏ hơn

$$(3) (A) / (B) \leq 1,5$$

(4) $\{100\} < 011 >$ tỷ lệ độ bền ngẫu nhiên phần xạ tia X là không dưới $\{211\} < 011 >$ tỷ lệ độ bền ngẫu nhiên tia X.

Hơn nữa, các điều kiện sau đây cũng phải được đáp ứng: ít nhất một trị số r theo hướng cán và trị số r theo hướng vuông góc với hướng cán bằng 0,7 hoặc nhỏ hơn; tính không đẳng hướng hai chiều của độ giãn dài đồng đều ΔuEl bằng 4% hoặc nhỏ hơn; tính không đẳng hướng hai chiều của độ giãn dài cục bộ ΔLEI bằng 2% hoặc lớn hơn; và $\Delta uEl \leq \Delta LEI$, trong đó

$$\Delta uEl = \{ | uEl (L) - uEl (450) | + | uEl (C) - uEl (450) | \} / 2 \text{ và}$$

$$\Delta LEI = \{ | LEI (L) - LEI (450) | + | LEI (C) - LEI (450) | \} / 2,$$

độ giãn dài đồng đều theo hướng song song (hướng L), theo hướng vuông góc (hướng C) và theo hướng tạo một góc 45° so với hướng cán được xd như là $uEl (L)$, $uEl (C)$ và $uEl (45^0)$ tương ứng và độ giãn dài cục bộ theo hướng song song L (hướng L), theo hướng vuông góc (hướng C) và theo hướng tạo một góc 45° so với hướng cán được xd như là $LEI (L)$, $LEI (C)$ và $LEI (45^0)$ tương ứng. Cần phải tiếp

tục tối ưu hoá các điều kiện cán nóng tinh và quăn ở nhiệt độ tới hạn hoặc nhỏ hơn theo lượng tương đương Mn.

Tuy nhiên, có vấn đề mà sự phát triển của cấu trúc $\{100\} \langle 011 \rangle$ làm giảm độ vuốt, ngoài ra sự tương quan đối với tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy vẫn chưa được làm rõ.

- Tài liệu sáng chế 1: JP 2004-197155 A

- Tài liệu sáng chế 2: JP 2005-256020 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Như được nêu trên, tấm thép thông thường dùng cho ô tô được tập trung làm tăng trị số r hoặc độ giãn dài để cải thiện tính năng tạo hình. Tuy nhiên, vì công nghệ được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 (JP 2004-197155 A) tạo ra pha bainit bằng cách làm nguội nhanh sau cán nóng để thu được tấm thép với tính không đẳng hướng hai chiều thấp của trị số r , vẫn còn vấn đề mà chỉ mức độ bền bị giới hạn có thể đạt được. Công nghệ được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 (JP -2005-256020 A) còn vấp phải một vấn đề khác là tỷ lệ pha của cấu trúc tế vi có xu hướng biến đổi phụ thuộc vào sự thăng giáng các điều kiện sản xuất, sao cho tính không đẳng hướng hai chiều, cụ thể là tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy, có thể không luôn luôn giảm xuống khi các cấu trúc tế vi thay đổi.

Mục đích của sáng chế là giải quyết một cách có lợi các vấn đề được nêu trên và đề xuất tấm thép cán nguội độ bền cao có độ bền kéo (TS) là 500MPa hoặc lớn hơn hoặc 590MPa hoặc lớn hơn và tính không đẳng hướng hai chiều cực thấp của giới hạn chảy đồng thời bằng cách tập trung vào giới hạn chảy và làm giảm tính không đẳng hướng hai chiều của nó để nhờ đó cải thiện được tính năng dập tạo hình và cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép đã nêu.

Về các cấu trúc của tấm thép cán nguội, thường cho rằng các sợi α với hướng $\langle 100 \rangle$ song song với hướng RD và các sợi γ hướng $\langle 111 \rangle$ song song với hướng ND được đề xuất. Cụ thể là khi các sợi γ được đề xuất, trị số r tăng lên.

Ở đây, nhóm định hướng sợi α được đề xuất theo các cấu trúc của tấm thép cán nguội là $\{001\} \langle 110 \rangle \sim \{111\} \langle 110 \rangle$ và $\phi_1 = 0^\circ$, $\phi_2 = 45^\circ$, $\Phi = 0^\circ \sim 55^\circ$, được thể hiện trong khoảng không gian định hướng 3D với các trục tung dạng hình chữ

nhật tương ứng với ba biến số của góc Euler.

Các tác giả sáng chế tiến hành sự nghiên cứu sâu sắc nhằm giải quyết các vấn đề được nêu trên và nhận thấy rằng, các đặc tính cơ học, cụ thể là tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy, liên quan rất chặt chẽ với hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D sự định hướng cụ thể của sợi α theo các góc $(\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^0, 35^0, 45^0\})$ và không liên quan đến các sự định hướng khác như là sự tích tụ sợi γ liên quan đến trị số r , là chỉ số của độ vuốt sâu.

Khi tiến hành sự nghiên cứu tiếp theo, người ta nhận thấy rằng, tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy cũng bị ảnh hưởng bởi cấu trúc tế vi và như vậy tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy có thể được giảm một cách ổn định bằng cách điều chỉnh hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^0, 35^0, 45^0\}$, cũng như tỷ lệ thể tích của pha mactensit so với toàn bộ cấu trúc tế vi của tấm thép.

Sáng chế hoàn thành trên cơ sở sự hiểu biết và sự tìm kiếm như được nêu trên và có thể được tóm tắt như sau.

Cụ thể, khía cạnh thứ nhất của sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, bao gồm thành phần theo % khối lượng như sau:

C: từ 0,06% đến 0,12%;

Si: 0,7% hoặc nhỏ hơn;

Mn: từ 1,2% đến 2,6%;

P: 0,020% hoặc nhỏ hơn;

S: 0,03% hoặc nhỏ hơn;

Al hòa tan: từ 0,01% đến 0,5%;

N: 0,005% hoặc nhỏ hơn; và

Phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh được,

trong đó tấm thép này bao gồm, theo tỷ lệ thể tích so với toàn bộ cấu trúc tế vi của tấm thép, 60% hoặc lớn hơn là pha ferit làm pha chính và 5% hoặc lớn hơn đến 20% hoặc nhỏ hơn là pha mactensit và có hàm số phân bố sự định hướng tinh

thể 3D là 2,5 hoặc nhỏ hơn theo $\{\phi_1, \Phi, \phi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$.

Khía cạnh thứ hai của sáng chế đề cập đến tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp theo khía cạnh thứ nhất, trong đó tấm thép bao gồm, theo % khối lượng, ít nhất một trong số Cr: 0,5% hoặc nhỏ hơn và Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn.

Khía cạnh thứ ba theo sáng chế là đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, phương pháp này bao gồm việc tạo ra tấm phôi thép có thành phần theo khía cạnh thứ nhất hoặc thứ hai, đưa tấm phôi thép cán nóng ở nhiệt độ cuối cùng là từ 840°C hoặc cao hơn đến 950°C hoặc thấp hơn, tiếp theo cán nguội với mức độ giảm chiều dày là từ 30% hoặc lớn hơn đến 70% hoặc nhỏ hơn, sau đó ủ ở nhiệt độ từ 800°C hoặc cao hơn và đến điểm A3 hoặc thấp hơn và tiếp theo là làm nguội ở tốc độ làm nguội tới hạn CR ($^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) hoặc lớn hơn, được biểu thị theo công thức sau trong phạm vi nhiệt độ từ nhiệt độ ủ đến 400°C:

$$\log CR = - 3,50 [\%Mo] - 1,20 [\%Mn] - 2,0 [\%Cr] - 0,32 [\%P] + 3,50$$

trong đó ký hiệu [%M] là lượng thành phần M chứa trong thép (% khối lượng).

Theo sáng chế, có thể thu được tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp và tính năng dập tạo hình xuất sắc. Tấm thép cán nguội độ bền cao thu được theo sáng chế là đặc biệt thích hợp để sử dụng làm các chi tiết cho ô tô.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Trước hết, thành phần của tấm thép cán nguội độ bền cao theo sáng chế bị giới hạn như được nêu trên, vì các lý do sẽ được mô tả ct sau đây, trong đó đơn vị của hàm lượng từng nguyên tố là “% khối lượng” trừ khi được nêu cụ thể khác đi.

< C: từ 0,06% đến 0,12% >

Cacbon (C) là nguyên tố thiết yếu cần có để đảm bảo phân pha thứ cấp cho

trước, làm tăng độ bền và điều chỉnh giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp. Hàm lượng cacbon dưới 0,06% gây khó khăn cho việc đảm bảo pha mactensit không dưới 5%, là không được ưu tiên. Mặt khác, khi hàm lượng cacbon là trên 0,12%, pha thứ cấp, pha ferit ngoại trừ pha tính đến số phần trăm lớn, như vậy là trở nên khó giữ được tỷ lệ thể tích của pha ferit không dưới 60%, nhờ đó độ dẻo bị ảnh hưởng xấu. Đồng thời, pha thứ cấp như là pha mactensit tạo mạng lưới và có xu hướng bao quanh ferit vậy là khó cho cấu trúc của pha ferit tạo sự ảnh hưởng và như vậy là điều chỉnh tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy. Do đó, hàm lượng cacbon cần phải nằm trong khoảng từ 0,06% đến 0,12%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,06% đến 0,10%.

< Si: 0,7% hoặc nhỏ hơn >

Silic (Si) có tác dụng làm chậm sự phát sinh gỉ trong quá trình cán nóng với một lượng nhỏ để cải thiện chất lượng bề mặt làm chậm phản ứng tạo hợp kim một cách vừa phải giữa nền sắt và kẽm trong bể mạ hoặc mạ điện và cải thiện độ thấm tôi ứng suất cao, v.v.. Theo tinh thần nêu trên, được ưu tiên là chứa Si ở mức không dưới 0,01%. Tuy nhiên, hàm lượng Si quá mức lên đến 0,7% chất lượng hình dạng bên ngoài bị ảnh hưởng xấu, như vậy, hàm lượng Si được xd là bằng 0,7% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,3% hoặc nhỏ hơn.

< Mn: từ 1,2% đến 2,6% >

Mangan (Mn) được bổ sung nhằm cải thiện độ thấm tôi và làm tăng số phần trăm của các pha mactensit trong phạm vi pha thứ cấp. Theo quan điểm đạt được các pha phức, giới hạn thấp nhất của hàm lượng Mn là bằng 1,2%. Khi hàm lượng Mn là quá lớn, được chuyển biến từ α đến γ trong quá trình ủ là thấp, như vậy, các hạt γ được tạo ra trên các đường biên hạt ferit mịn ngay sau quá trình tái kết tinh hoặc là sự tái phục hồi các đường biên hạt trong quá trình tái kết tinh. Như vậy, pha thứ cấp được tinh luyện và kết quả là, độ dẻo bị ảnh hưởng xấu cũng như tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy có thể không được điều chỉnh. Theo tinh thần này, giới hạn trên của hàm lượng Mn phải bằng 2,6%, tốt hơn là hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 1,2% đến 2,1%. Vì lượng sản xuất mactensit biến đổi theo tốc độ làm nguội sau quá trình ủ, tốc độ làm nguội phải được điều chỉnh trên cơ sở hàm lượng các nguyên tố Mn, Cr và Mo, sẽ được mô tả sau đây.

< P: 0,020% hoặc nhỏ hơn >

Khi hàm lượng phospho (P) là trên 0,020%, khuyết tật bề mặt xảy ra do tính năng chịu hàn và tính chia tách bị ảnh hưởng xấu, như vậy, hàm lượng P được xác định là bằng 0,020% hoặc nhỏ hơn.

< S: 0,03% hoặc nhỏ hơn >

Lưu huỳnh (S) có hiệu quả cải thiện đặc tính cao sạch gỉ thứ nhất của các tấm thép và chất lượng mặt bên ngoài của lớp mạ. Tuy nhiên, khi hàm lượng S tăng lên, MnS được kết tủa quá nhiều trong thép, làm ảnh hưởng xấu đến độ dẻo như là độ giãn dài và khả năng tạo gờ kéo giãn của tấm thép và làm cho tính năng dập tạo hình bị ảnh hưởng xấu. Đồng thời, độ dẻo cán nóng trong quá trình cán nóng tấm phôi bị ảnh hưởng xấu, có xu hướng gây ra khuyết tật bề mặt. Hơn nữa, tính năng chống chịu ăn mòn cũng bị ảnh hưởng xấu chút ít. Theo quan điểm này, hàm lượng S được xác định là bằng 0,03% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là bằng 0,01% hoặc nhỏ hơn, tiếp theo tốt hơn là bằng 0,005% hoặc nhỏ hơn và tốt hơn nữa là bằng 0,002% hoặc nhỏ hơn.

< nhôm hoà tan: từ 0,01% đến 0,5% >

Nhôm hoà tan (nhôm hoà tan) là hữu ích khi làm thành phần khử oxy đối với thép và cũng có tác dụng làm ổn định chất tan N tồn tại như là tạp chất để cải thiện tính năng chống lão hoá ở nd trong phòng. Như vậy, hàm lượng nhôm hoà tan cần phải bằng 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, hàm lượng nhôm hoà tan quá mức là 0,5% dẫn đến chi phí tăng và hơn nữa khuyết tật bề mặt sẽ xảy ra. Do đó, hàm lượng nhôm hoà tan được xác định là nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,5%.

< N: 0,005% hoặc nhỏ hơn >

Khi hàm lượng nitơ (N) quá mức, tính năng chống gỉ ở nhiệt độ thông thường bị ảnh hưởng xấu và một lượng lớn Al và Ti cần phải được bổ sung để làm ổn định chất tan N. Như vậy, được ưu tiên là hàm lượng N được giảm xuống càng nhiều càng tốt. Theo quan điểm này, hàm lượng N được xác định là bằng 0,005% hoặc nhỏ hơn.

Mặc dù thành phần cơ bản được mô tả ở trên, các nguyên tố sau đây có thể cũng được bổ sung khi cần thiết theo sáng chế.

< Cr: 0,5% hoặc nhỏ hơn >

Crom (Cr) là nguyên tố rất cần thiết góp phần đạt được một cách chắc chắn độ bền cao của các tấm thép bằng cách hiện thực hoá các pha phức hợp cũng như Mn. Để đạt được kết quả, hàm lượng Cr tốt hơn là bằng 0,1% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức hàm lượng Cr không chỉ gây ra sự bảo hoà tác dụng mà còn làm tăng chi phí; như vậy, hàm lượng Cr cần phải bằng 0,5% hoặc nhỏ hơn.

< Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn >

Molipđen (Mo) là nguyên tố góp phần ngăn cản pearlit phát sinh nhờ sự cải thiện độ thấm tôi tạo thuận lợi cho các tấm thép có được độ bền. Để đạt được kết quả, hàm lượng Mo tốt hơn là bằng 0,1% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, molipđen là khá đắt tiền nên một lượng bổ sung quá lớn của nó sẽ làm tăng chi phí sản xuất lên đáng kể. Theo quan điểm này, hàm lượng Mo cần phải bằng 0,5% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, vì lượng mactensit tạo ra biến đổi theo tốc độ làm nguội rate sau quá trình ủ, tốc độ làm nguội sẽ được điều chỉnh trên cơ sở lượng nguyên tố Mn, Cr và Mo, sẽ được mô tả sau đây.

Phần còn lại, tức là các thành phần khác với các thành phần khác được nêu trên, của thành phần tấm thép cán nguội độ bền cao theo sáng chế là Fe và các tạp chất không tránh được. Tuy nhiên, phần còn lại có thể còn chứa các thành phần khác với các thành phần được nêu trên trừ khi sự hiện của các thành phần này làm ảnh hưởng có hại đến các sự vận hành và các kết quả của sáng chế.

Tiếp theo, theo tấm thép của sáng chế, các lý do vì sao cấu trúc tế vi của thép bị hạn chế bởi số phần trăm này sẽ được mô tả sau đây.

< Tỷ lệ thể tích của pha ferit: 60% hoặc lớn hơn >

Theo sáng chế, cấu trúc của ferit d điều chỉnh sao cho nó có xu hướng giảm khá nhiều. Cụ thể là, khi pha thứ cấp ngoại trừ pha ferit tăng lên, gây khó khăn cho việc điều chỉnh tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy bởi các cấu trúc điều chỉnh. Hơn nữa, pha thứ cấp như là pha mactensit đi vào bao quanh ferit bằng cách tạo mạng lưới, như vậy, đặc tính dẻo nhìn thấy bằng mắt thường của tấm thép sẽ không phụ thuộc vào sự định hướng tinh thể của ferit một tỷ nào. Theo quan điểm này, tỷ lệ thể tích của pha ferit chống lại toàn bộ tấm cấu trúc tế vi của thép

cần phải bằng 60% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 75% hoặc lớn hơn.

< Tỷ lệ thể tích của pha mactensit: 5% hoặc lớn hơn đến 20% hoặc nhỏ hơn >

Pha mactensit là pha hữu ích góp phần làm tăng độ bền của các tấm thép cũng như làm giảm tỷ lệ biến dạng dẻo chảy để cải thiện tính cố định về hình dạng. Trên cơ sở quan điểm này, tỷ lệ thể tích của pha mactensit so với toàn bộ cấu trúc tế vi của tấm thép là bằng 5% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi pha mactensit vượt quá 20%, mactensit đi vào bao quanh ferit bằng cách tạo mạng lưới và tạo sự vô nghĩa trong việc điều chỉnh cấu trúc của ferit, không được ưu tiên về việc điều chỉnh tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy. Như vậy, tỷ lệ thể tích của pha mactensit so với toàn bộ tấm cấu trúc tế vi của thép là nằm trong khoảng từ 5% hoặc lớn hơn đến 20% hoặc nhỏ hơn.

Đồng thời, tấm thép theo sáng chế tốt hơn là bao gồm pha ferit là pha chính và pha mactensit là pha thứ cấp. Các tỷ lệ thể tích của các pha khác ngoài pha ferit và pha mactensit nêu trên là bằng 5% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là bằng 3% hoặc nhỏ hơn so với toàn bộ cấu trúc tế vi của tấm thép.

Tỷ lệ thể tích của từng pha được xác định như là phần diện tích của từng pha được xác định nhờ phương pháp đếm điểm phù hợp với quy định của Hội thử nghiệm và vật liệu Mỹ (ASTM) E562-83(1988). Phần diện tích của từng pha được xác định như được nêu dưới đây; cụ thể là, mẫu thử nghiệm được gom từ từng tấm ủ cán nguội được đánh bóng và được khắc axit bằng nital ở mặt cắt ngang của nó song song với hướng cán (hình chữ L) để được quan sát với độ phóng đại là 4000x bằng kính hiển vi điện tử quét SEM để nhận biết sự phân loại pha và thu được các phần diện tích của pha ferit là pha chính và pha mactensit. Theo hình ảnh cấu trúc tế vi, các diện tích được tương phản chút ít theo màu đen được tính là pha ferit, các diện tích ở đó carbit phát sinh theo cấu trúc dạng lá mỏng hoặc dạng điểm và đường được cho là pearlit hoặc bainit và được hạt được tương phản theo màu trắng là pha mactensit.

< Hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$: 2,5 hoặc nhỏ hơn >

Hơn nữa, các cấu trúc của tấm thép theo sáng chế được đánh giá theo hàm số

phân bố sự định hướng tinh thể 3D. Thông thường, hình ảnh cực do sự nhiễu xạ tia X (XRD -X ray diffraction – Sự nhiễu xạ tia X) được sử dụng để phân tích các cấu trúc của tấm thép. Vì hình ảnh cực thể hiện sự phân bố định hướng tinh thể thống kê của các hạt tinh thể về mặt lượng, phương pháp thích hợp quyết định sự định hướng ưu tiên. Tuy nhiên, các cấu trúc của các vật liệu đa tinh thể là có khuynh hướng thể hiện không chỉ một sự định hướng ưu tiên mà cả nhiều sự định hướng ưu tiên. Chẳng hạn, trong cấu trúc sợi, là cấu trúc nhóm định hướng quay quanh trục tinh thể cụ thể, khó đánh giá phần hiện có của từng sự định hướng một cách chính xác bằng cách xác định hình ảnh cực. Do đó, hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D được tạo ra trên cơ sở thông tin của hình ảnh cực để đánh giá phần hiện có của từng sự định hướng.

Theo sự đánh giá của hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D nêu trên, hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D được hướng dẫn bằng cách sử dụng các hình ảnh cực chưa hoàn thiện (200), (211) và (110) được dẫn xuất từ phương pháp nhiễu xạ theo phương pháp mở rộng các chuỗi. Do đó, người ta đã xác định rằng, trong các cấu trúc tế vi của bao gồm các tỷ lệ thể tích của pha ferit và pha mactensit nêu trên, khi hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D là bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn theo sự định hướng cụ thể của các sợi α : ($\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$), tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy là nhỏ. Tuy nhiên, quan trọng là điều chỉnh các tỷ lệ thể tích các pha ferit và mactensit như được nêu trên. Chẳng hạn, trong trường hợp một pha ferit, cấu trúc tối ưu của ferit làm giảm tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy là khác với cấu trúc được nêu trên.

Không luôn luôn rõ lý do vì sao tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy bị lệch đi trong điều kiện mà hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$ là bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, các tác giả sáng chế dự tính như sau. Cụ thể là, thông thường, sự định hướng tinh thể của các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$ có khuynh hướng xảy ra trong pha ferit trải qua quá trình cán nguội hoặc được chuyển biến từ austenit bị biến dạng. Khi hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D là cao, tính không đẳng hướng hai chiều của các đặc tính cơ học có xu hướng tăng lên, như vậy là cần phải điều chỉnh hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D trong phạm vi thích hợp để làm giảm tính không đẳng hướng hai chiều. Tuy nhiên, trị số tối ưu biến đổi theo các loại thép.

Đặc biệt là trong tấm thép pha phức có cấu tạo hỗn hợp của pha ferit 60% hoặc lớn hơn là pha chính và pha mactensit từ 5% đến 20%, mà sáng chế được ứng dụng, hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D tối ưu là bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả.

Được ưu tiên là tấm phôi thép được sử dụng để sản xuất theo phương pháp đúc liên tục để ngăn chặn tính chia tách vĩ mô của thành phần. Tuy nhiên, quá trình đúc thổi và quá trình đúc tấm phôi mỏng cũng được chấp nhận. Ngoài ra, phương pháp thông thường trong đó các tấm phôi được sản xuất một khi được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và sau đó được tái đốt nóng, các quá trình tiết kiệm năng lượng có thể được ứng dụng mà không xảy ra vấn đề, như là cán nập nóng để đưa các tấm phôi nóng vào lò gia nhiệt để cán nóng mà không cần làm nguội và cán nóng trực tiếp để bắt đầu cán nóng sau khi duy trì trạng thái nóng trong một khoảng thời gian ngắn.

Nhiệt độ đốt nóng tấm phôi tốt hơn là thấp nhằm tạo ra cấu trúc tái kết tinh {111} nhờ các chất kết tủa thô để cải thiện độ vuốt sâu. Tuy nhiên, khi nhiệt độ đốt nóng tấm phôi là dưới 1000°C, tải trọng cán tăng lên, như vậy nguy cơ tăng lên gây ra sự trục trặc trong quá trình cán nóng. Do đó, được ưu tiên là nhiệt độ đốt nóng tấm phôi là bằng 1000⁰C hoặc lớn hơn. Đồng thời, từ khía cạnh làm tăng sự tổn hao tẩy gỉ theo sự tăng trọng lượng oxy hoá, được ưu tiên là giới hạn trên của nhiệt độ đốt nóng tấm phôi tối ưu là bằng 1300°C.

Tấm phôi thép được đốt nóng trong các điều kiện được nêu trên cho trải qua quá trình cán nóng bao gồm cán thô và cán tinh. Ở đây, tấm phôi thép được chuyển biến thành tấm phôi nhờ quá trình cán thô. Không cần thiết phải nêu cụ thể điều kiện cán thô và có thể tiến hành theo kỹ thuật trước sáng chế. Đồng thời, thiết bị đốt nóng được gọi là thiết bị đốt nóng tấm phôi có thể được sử dụng một cách hữu hiệu để đốt nóng tấm phôi để duy trì nhiệt độ đốt nóng tấm phôi thấp và ngăn chặn sự trục trặc trong quá trình cán nóng.

< Nhiệt độ kết thúc: nằm trong khoảng từ 840°C hoặc lớn hơn đến 950°C hoặc nhỏ hơn >

Sau đó, tấm phôi cho trải qua quá trình cán tinh để tạo thành tấm thép cán nóng. Ở trường hợp này, nhiệt độ kết thúc, tức là nhiệt độ cấp cuối (FT) là nằm trong khoảng từ 840°C hoặc lớn hơn đến 950°C hoặc nhỏ hơn để đạt được các cấu trúc được ưu tiên đối với tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy sau quá trình cán nguội và quá trình ủ tái kết tinh. Khi FT là dưới 840°C , cũng như tải trọng cao trong quá trình cán nóng, quá trình cán nóng vùng ferit d thực hiện trên một phần của các hệ thống thành phần, như vậy các cấu trúc thay đổi một cách đáng kể. Khi FT vượt quá 950°C , các cấu trúc tế vi bị thô hoá và đồng thời quá trình cán có thể không thể tiến hành một cách đầy đủ trong điều kiện không tái kết tinh tinh thể của austenit, như vậy, tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy sẽ được tăng lên sau quá trình ủ cán nguội.

Nhằm làm giảm quãng đường cán trong quá trình cán nóng, quá trình cán bôi trơn có thể được ứng dụng ở một phần của quá trình cán tinh hoặc ở giữa toàn bộ các quãng đường là hữu hiệu trong quá trình làm cân bằng các hình dạng tấm thép và làm đồng nhất hoá các vật liệu. Hệ số ma sát trong quá trình cán bôi trơn được ưu tiên là nằm trong khoảng từ 0,10 đến 0,25. Hơn nữa, được ưu tiên là các tấm phôi tiếp giáp với nhau phía sau và phía trước là được đầu nối để hiện thực hoá quá trình cán liên tục tạo khả năng cán tinh liên tục từ khía cạnh của tính ổn định vận hành trong quá trình cán nóng.

Mặc dù nhiệt độ quấn (CT –Coiling Temperature – Nhiệt độ quấn) không nhất thiết phải được xác định, được ưu tiên đối với CT là nằm trong khoảng từ 400°C hoặc lớn hơn đến 720°C hoặc nhỏ hơn. Cụ thể là, nếu CT vượt quá giới hạn trên, các hạt tinh thể có xu hướng bị thô hoá, vì vậy sẽ làm giảm độ bền.

< Mức độ giảm chiều dày tấm thép nhờ cán nguội: nằm trong khoảng từ 30% hoặc lớn hơn đến 70% hoặc nhỏ hơn >

Tấm thép cán nóng được sản xuất trong điều kiện được nêu trên cho trải qua quá trình cán nguội. Tấm thép được cán nóng tốt hơn là cho tẩy gỉ để loại bỏ gỉ trước khi cán nguội. Quá trình tẩy gỉ có thể được tiến hành trong điều kiện thông thường. Khi mức độ giảm chiều dày tấm thép nhờ cán nguội là dưới 30%, tốc độ tái kết tinh biến đổi, như vậy là khó điều chỉnh tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy. Trong khi mức độ giảm chiều dày tấm thép nhờ cán nguội là trên

70% gây khó khăn cho việc đạt được các cấu trúc mong muốn, vì vậy các vùng bao quanh carbit tham gia trong quá trình cán nóng vào quá trình biến dạng một phần và các cấu trúc của ferit sau quá trình ủ bắt đầu thay đổi một cách đáng kể. Do đó, mức độ giảm chiều dày tấm thép nhờ cán nguội cần phải nằm trong khoảng từ 30% hoặc lớn hơn đến 70% hoặc nhỏ hơn.

< Nhiệt độ ủ: 800°C hoặc lớn hơn đến điểm A3 hoặc nhỏ hơn >

Tấm thép cán nguội được sản xuất trong các điều kiện được nêu trên được đốt nóng đến phạm vi nhiệt độ là 800°C hoặc lớn hơn đến điểm A3 hoặc nhỏ hơn và quá trình ủ cũng nằm trong phạm vi nhiệt độ này. Nhiệt độ ủ dưới 800°C có thể không đảm bảo phần γ trong quá trình nhúng và như vậy các pha mactensit có thể không được tạo ra sau quá trình làm nguội thích hợp. Trong khi đó, nhiệt độ ủ trên điểm A3 làm cho phần γ quá cao và các cấu trúc sau quá trình chuyển biến ngược thay đổi một cách đáng kể, như vậy khó mà đạt được các cấu trúc theo yêu cầu. Do đó, nhiệt độ ủ cần phải nằm trong khoảng từ 800°C hoặc lớn hơn và nhiệt độ điểm A3 hoặc nhỏ hơn.

<Tốc độ làm nguội trong phạm vi nhiệt độ từ nhiệt độ ủ đến ít nhất là bằng 400°C: tốc độ làm nguội tối hạn CR (°C/giây) hoặc lớn hơn>

Nhằm tạo pha mactensit theo tỷ lệ thể tích được quy định, tấm thép cán nguội ủ trong điều kiện được nêu trên được làm nguội trong phạm vi nhiệt độ từ nhiệt độ ủ đến ít nhất là bằng 400°C theo tốc độ làm nguội tối hạn CR (°C/giây) hoặc lớn hơn được thể hiện theo công thức sau đây:

$$\log CR = -3,50[\%Mo] - 1,20[\%Mn] - 2,0[\%Cr] - 0,32[\%P] + 3,50$$

trong đó [%M] biểu thị lượng nguyên tố M chứa trong thép (% khối lượng).

Khi tốc độ làm nguội trung bình là trong phạm vi nhiệt độ nêu trên là dưới tốc độ làm nguội tối hạn, khó tạo thành mactensit, như vậy cấu trúc tế vi của pha đơn ferit được tạo ra. Như vậy các tấm thép có độ bền không đạt yêu cầu và đồng thời tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy có thể không điều chỉnh được. Tốc độ làm nguội vượt quá 100°C/giây gây ra quá trình tự ram không đạt yêu cầu của mactensit phát sinh trong quá trình làm nguội liên tục. Như vậy, mactensit bị tôi cứng quá mức và giới hạn chảy được tăng lên và độ dẻo giảm xuống. Do đó,

được ưu tiên là tốc độ làm nguội là bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, nhằm điều chỉnh tốc độ làm nguội này, đường ủ liên tục tốt hơn là được sử dụng để ủ.

Quy trình sản xuất cơ bản theo sáng chế đã được mô tả ở trên, tuy nhiên các quá trình sau đây có thể được bổ sung:

Sau quá trình ủ được nêu trên đối với tấm thép cán nguội, bề mặt trải qua các quá trình như là quá trình mạ điện hoặc quá trình nhúng nóng có thể được bổ sung để tạo các lớp mạ trên bề mặt của các tấm thép. Các lớp mạ có thể được tạo ra không chỉ bởi mạ kẽm tinh khiết và mạ hợp kim trên cơ sở kẽm mà còn cả mạ Al và mạ hợp kim trên cơ sở Al. Cụ thể là, sự đa dạng của các lớp mạ được tạo ra từ trước trên bề mặt của các tấm thép có thể được ứng dụng.

Nhằm hiệu chỉnh các hình dạng và điều chỉnh độ nhấp nhô trên bề mặt tấm, tấm thép ủ cán nguội hoặc tấm thép mạ được sản xuất như được nêu trên có thể trải qua quá trình là phẳng hoặc quá trình cán phẳng. Mức độ giãn dài trong quá trình là phẳng hoặc quá trình cán phẳng được ưu tiên là toàn bộ nằm trong khoảng từ 0,2% đến 15%. Trường hợp độ giãn dài là dưới 0,2%, sự hiệu chỉnh hình dạng đặt ra ban đầu và sự điều chỉnh độ gồ ghề có thể không đạt được. trong khi đó, độ giãn dài là trên 15%, độ dẻo có xu hướng bị suy giảm đáng kể, là không được ưu tiên.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Thép nóng chảy có sự đa dạng các thành phần như được nêu trên Bảng 1 được xử lý theo các công nghệ đúc thổi và đúc liên tục để thu được các mẫu tấm phôi thép tương ứng. Từng mẫu tấm phôi thép cho trải qua: quá trình đốt nóng đến nhiệt độ là 1250°C ; chuyển biến thành tấm phôi nhờ quá trình cán thô; cán tinh trong điều kiện như được nêu trên Bảng 2 để thu được tấm thép cán nóng; tẩy gỉ và cán nguội tấm thép được cán nóng với mức giảm chiều dày như được nêu trên Bảng 2 để thu được tấm thép cán nguội; ủ liên tục tấm thép cán nguội theo đường ủ liên tục trong điều kiện như được nêu trên Bảng 2; và là phẳng tấm thép ủ cán nguội với mức độ độ giãn dài là 0,5%. Điểm A3 trên Bảng 1 được tính toán nhờ phần mềm tính toán “Thermo-Calc (có đăng ký bản quyền)”.

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa (% theo khối lượng)										Điểm A ₃ (°C)	Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	sol ₂ Al	N	Cr	Mo			
A	0,0015	0,01	0,18	0,006	0,006	0,025	0,002	-	-	907	thép so sánh	
B	0,083	0,07	1,65	0,005	0,008	0,035	0,0018	-	-	824	thép tạo hình	
C	0,064	0,2	1,78	0,012	0,004	0,037	0,0029	-	-	832	thép tạo hình	
D	0,126	1,29	1,93	0,023	0,002	0,045	0,0034	-	-	855	thép so sánh	
E	0,081	0,45	1,65	0,017	0,002	0,031	0,0039	-	-	843	thép tạo hình	
F	0,064	0,48	1,45	0,012	0,004	0,037	0,0029	0,2	-	853	thép tạo hình	
G	0,085	0,02	1,85	0,012	0,004	0,037	0,0029	-	0,15	820	thép tạo hình	

*) Gạch chân nghĩa là "bên ngoài khoảng phù hợp"

Các mẫu tấm thép ủ cán nguội thu được được nghiên cứu về các đặc tính chịu kéo, các cấu trúc và các cấu trúc tế vi:

(1) Các đặc tính chịu kéo

Các mẫu thử nghiệm chịu kéo theo tiêu chuẩn Nhật Bản JIS số 5 thu được từ tấm thép ủ cán nguội với các hướng tạo góc 0^0 (hướng L), 45^0 (hướng D) và 90^0 (hướng C) so với hướng cán và thử nghiệm độ căng được tiến hành ở tốc độ đầu chữ thập là 10 mm/phút. Phù hợp với quy định theo JIS Z 2241 để thu được giới hạn chảy (YS), độ bền kéo (TS) và độ giãn dài đồng đều (UEL). Các trị số tiêu biểu của độ bền kéo (TS) và độ giãn dài đồng đều (UEL) là độ bền kéo TSL và độ giãn dài đồng đều UEIL của từng mẫu thử nghiệm thu được ở hướng 0^0 . Đồng thời, ΔYPL được sử dụng như là chỉ số thể hiện tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy. Trị số ΔYPL thể hiện tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy được quy chuẩn hoá theo YPL và có thể được tính toán theo công thức sau đây:

$$\begin{aligned}\Delta YPL &= \{(YPL / YPL) + (YPC / YPL) - 2(YPD / YPL)\} / 2 \\ &= (YPL + YPC - 2YPD) / (2 YPL)\end{aligned}$$

Trong đó $YPL = YSL / YSL$, $YPD = YSD / YSL$, $YPC = YSC / YSL$ và YSL , YSD , YSC thể hiện giới hạn chảy của từng mẫu thử nghiệm thu được từ 0^0 (hướng L), 45^0 (hướng D) và 90^0 (hướng C) tương ứng. Khi trị tuyệt đối ΔYPL là bằng 0,03 hoặc nhỏ hơn, tính không đẳng hướng hai chiều có thể được xem là mỹ mãn.

(2) Cấu trúc và cấu trúc tế vi của thép

(a) Hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D

Từng mẫu tấm thép ủ cán nguội được phân tích theo phương pháp sự nhiễu xạ tia X ở bề mặt tấm thép với 1/4 chiều dày và hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D thu được từ các hình ảnh cực không hoàn thiện (200), (211) và (110) được dẫn xuất từ phương pháp phản xạ. Khi đó, hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D được đánh giá theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$.

(b) Phần thể tích của từng pha

Phần thể tích của từng pha là phần diện tích được xác định theo phương

pháp đếm điểm như được nêu trên.

Các kết quả thu được theo các thử nghiệm được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2

STT	Loại thép	Điều kiện cuộn nóng	Điều kiện cuộn lạnh	Điều kiện tôi tấm thép cuộn lạnh			ODF*5	Pha (Phần thể tích)		Cường độ uốn					Cường độ kéo	Kéo đồng nhất	Ghi chú
		FT*2 (°C)	Tốc độ nguội (%)	Nhiệt độ tối (°C)	Nhiệt độ làm nguội (°C/s)	CR*4 (°C/s)		Pha chứa sắt (%)	Pha mactensit (%)	Y _{SL} (MPa)	Y _{PL}	Y _{PD}	Y _{PC}	ΔY _{PL}	TS _L (MPa)	UE _{EL} (%)	
1	A	905	70	880	20	1915	4,0	100	0	167	1,00	1,04	1,07	-0,01	306	48,0	Ví dụ so sánh
2	B	880	60	850	25	33	2,7	93	0	345	1,00	1,03	1,00	-0,03	462	33,6	Ví dụ so sánh
3	C	880	60	830	25	23	1,8	87	12	421	1,00	0,99	0,93	-0,03	641	27,7	Ví dụ theo sáng chế
4	D	880	60	830	25	15	2,2	68	30	655	1,00	1,1	1,1	-0,05	986	16,8	Ví dụ so sánh
5	E	880	55	840	25	33	5,2	90	4	417	1,00	0,99	1,05	0,04	626	28,1	Ví dụ so sánh
6	F	890	60	840	25	23	1,9	90	9	395	1,00	0,98	0,96	0,00	635	29,5	Ví dụ theo sáng chế
7	G	880	60	815	25	6	1,7	89	10	380	1,00	0,99	0,95	-0,02	640	28,5	Ví dụ theo sáng chế

*1 Đường gạch chân có nghĩa "bên ngoài khoảng phù hợp",

*2 FT là nhiệt độ chuyển khi kết thúc,

*3 Nhiệt độ làm nguội là nhiệt độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ tối đến 4t

*4 CR là tốc độ làm nguội tới hạn tính toán theo công thức: $\log CR = -3,50[\%Mo] - 1,20[\%Mn] - 2,0[\%Cr] - 0,32[\%P] + 3,50$, ở đây, $[\%M]$ là lượng thành

*5 3D crystal orientation distribution function in $\{\phi_1, \Phi, \phi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$

Từ Bảng 2 thấy rằng từng tấm thép theo sáng chế thể hiện hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D là bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn theo các góc là $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$. Do đó, có thể nhận thấy rằng, tính không đẳng hướng hai chiều của giới hạn chảy giảm xuống ngay cả khi độ bền kéo (TS) là bằng 500 MPa hoặc lớn hơn.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, có thể thu được theo sáng chế, được sử dụng một cách thích hợp như là các tấm thép dùng cho ô tô cũng như trong các lĩnh vực khác, như là các chi tiết cho các thiết bị đồ điện gia dụng, các hộp đồ uống, v.v..

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, tấm thép này có thành phần bao gồm, theo % khối lượng:

C: từ 0,06% đến 0,12%;

Si: 0,7% hoặc nhỏ hơn;

Mn: từ 1,2% đến 2,6%;

P: 0,020% hoặc nhỏ hơn;

S: 0,03% hoặc nhỏ hơn;

Al hoà tan: từ 0,01% đến 0,5%;

N: 0,005% hoặc nhỏ hơn; và

ít nhất một trong số: Cr: 0,5% hoặc nhỏ hơn và Mo: 0,5% hoặc nhỏ hơn; và

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

trong đó tấm thép này bao gồm, theo tỷ lệ thể tích so với toàn bộ cấu trúc tế vi của tấm thép này, 60% hoặc lớn hơn là pha ferit làm pha chính và 5% hoặc lớn hơn đến 20% hoặc nhỏ hơn là pha mactensit và có hàm số phân bố sự định hướng tinh thể 3D bằng 2,5 hoặc nhỏ hơn theo các góc $\{\varphi_1, \Phi, \varphi_2\} = \{0^\circ, 35^\circ, 45^\circ\}$.

2. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội độ bền cao có giới hạn chảy với tính không đẳng hướng hai chiều thấp, phương pháp này bao gồm bước tạo ra tấm phôi thép có thành phần theo điểm 1, đưa tấm phôi thép này cán nóng ở nhiệt độ kết thúc là từ 840°C hoặc cao hơn đến 950°C hoặc thấp hơn, tiếp theo là cán nguội với mức độ giảm chiều dày tấm thép là từ 30% hoặc lớn hơn đến 70% hoặc nhỏ hơn, sau đó là quá trình ủ ở nhiệt độ từ 800°C hoặc cao hơn đến điểm A₃ hoặc nhỏ hơn, và tiếp theo là làm nguội với tốc độ làm nguội tới hạn CR (°C/giây) hoặc lớn hơn, được biểu thị theo công thức sau đây trong phạm vi nhiệt độ từ nhiệt độ ủ đến 400°C:

$$\log CR = -3,50 [\%Mo] - 1,20 [\%Mn] - 2,0 [\%Cr] - 0,32 [\%P] + 3,50$$

trong đó [%M] là lượng thành phần M chứa trong thép (% khối lượng).