



(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)



1-0025726

(51)⁷ C22C 38/00; C23C 2/06; C22C 38/02; (13) B
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/08;
C22C 38/12; C22C 38/14; C22C 38/16;
C22C 38/18; C22C 38/26; C22C 38/28;
C22C 38/38; C22C 38/58; C23C 2/02;
C21D 8/02; C21D 9/46

(21) 1-2015-01931

(22) 25/02/2014

(86) PCT/JP2014/054570 25/02/2014

(87) WO 2014/132968 A1 04/09/2014

(30) 2013-035597 26/02/2013 JP

(45) 26/10/2020 391

(43) 25/08/2015 329A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) AZUMA, Masafumi (JP); SHUTO, Hiroshi (JP); YOKOI, Tatsuo (JP); KANZAWA, Yuuki (JP); UENISHI, Akihiro (JP).

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

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

(57) Sáng chế đề xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng: C: 0,01 đến 0,2%, Si: 0 đến 2,5%, Mn: 0 đến 4,0%, Al: 0 đến 2,0%, N: 0 đến 0,01%, Cu: 0 đến 2,0%, Ni: 0 đến 2,0%, Mo: 0 đến 1,0%, V: 0 đến 0,3%, Cr: 0 đến 2,0%, Mg: 0 đến 0,01%, Ca: 0 đến 0,01%, REM: 0 đến 0,1%, B: 0 đến 0,01%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%, S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%, O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, một nguyên tố hoặc cả hai nguyên tố Ti và Nb: với tổng lượng từ 0,01 đến 0,30% và phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Tấm thép có kết cấu mà trong đó tổng phần thể tích của mactensit được ram hoặc bainit thấp là 90% hoặc cao hơn, mật độ lệch mạng của nó lớn hơn hoặc bằng 5×10^3 (1/m²) và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{16} (1/m²) và các cacbua gốc sắt có mặt trong đó với lượng là 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn. Sáng chế cũng đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao này.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng có độ bền cao, có khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai ở nhiệt độ thấp với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn và phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao này. Sáng chế đề cập đến tấm thép có khả năng hóa cứng tốt sau khi xử lý đúc và nung lớp phủ, và có độ dai tốt ở nhiệt độ thấp, có thể được sử dụng ở các vùng rất lạnh.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Để làm giảm thiểu lượng khí cacbon đioxit xả ra từ ô tô, thân ô tô được làm giảm trọng lượng bằng cách sử dụng các tấm thép có độ bền cao. Ngoài ra, để đảm bảo độ an toàn của người lái xe và hành khách, ngoài các tấm thép mềm, ngày càng có nhiều các tấm thép có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn được sử dụng làm thân ô tô. Để làm giảm hơn nữa trọng lượng của thân ô tô, độ bền của các tấm thép có độ bền cao trong khi sử dụng cần phải cao hơn trước. Tuy nhiên, sự gia tăng độ bền của các tấm thép sẽ dẫn đến sự suy giảm các tính chất vật liệu như khả năng tạo hình (khả năng xử lý). Do vậy, đây là mấu chốt để phát triển các tấm thép có độ bền cao, mà độ bền được gia tăng như thế nào mà không làm suy giảm các tính chất vật liệu.

Các tấm thép, mà được sử dụng cho các chi tiết như vậy cần có các đặc tính sao cho các chi tiết không có khả năng bị hư hỏng thậm chí khi bị sốc do va chạm hoặc tương tự sau khi các tấm thép được đúc và được lắp dưới dạng các chi tiết vào ô tô. Cụ thể, để đảm bảo độ bền chịu va chạm ở các vùng lạnh, độ dai ở nhiệt độ thấp cũng cần được gia tăng. Độ dai ở nhiệt độ thấp được xác định, ví dụ là nhiệt độ lệch mạng đoạn Charpy ($vTrs$ - Charpy fraction dislocation temperature). Vì lý do này, độ bền chịu va chạm của vật liệu thép nêu trên được xem xét đến. Ngoài ra, các tấm thép có độ bền cao không có khả năng biến dạng dẻo và sẽ xảy ra dễ dàng hơn; do vậy, độ dai được yêu cầu là các tính chất quan

trọng.

Để làm một trong số các phương pháp gia tăng độ bền của các tấm thép, mà không bị suy giảm khả năng tạo hình, phương pháp tôi bằng cách nung có sử dụng phương pháp phủ - nung được đề xuất. Phương pháp này làm gia tăng độ bền của các chi tiết ô tô theo cách sau đây: qua việc xử lý nhiệt tại thời điểm xử lý phủ - nung, C đã hòa tan có mặt trong tấm thép tập trung ở các vị trí lệch mạng được tạo ra trong khi đúc hoặc được kết tủa dưới dạng các cacbua. Do việc tôi được thực hiện sau khi tạo hình bằng cách dập theo phương pháp này, nên không có sự suy giảm về khả năng tạo hình bằng cách dập do độ bền gia tăng. Do vậy, phương pháp này được dự kiến để sử dụng làm các chi tiết kết cấu của ô tô. Như chỉ số để đánh giá khả năng hóa cứng khi nung, đã có phương pháp thử nghiệm đã biết, trong đó 2% ứng suất trước được truyền ở nhiệt độ trong phòng và sau đó việc xử lý nhiệt được thực hiện ở nhiệt độ 170°C trong thời gian 20 phút để tiến hành đánh giá thời gian thử nghiệm kéo căng lại.

Cả các lệch mạng được tạo ra ở thời điểm sản xuất và các lệch mạng được tạo ra tại thời điểm xử lý dập góp phần vào việc nung-tôi; do đó, tổng của chúng, mà là mật độ lệch mạng, và lượng C đã hòa tan trong tấm thép, là quan trọng đối với khả năng hóa cứng khi nung. Ví dụ về tấm thép có khả năng hóa cứng khi nung tốt trong khi có lượng lớn C đã hòa tan là tấm thép được thể hiện trong tài liệu sáng chế 1 hoặc 2. Như tấm thép mà đảm bảo khả năng hóa cứng khi nung tốt hơn, đã biết đến tấm thép bao gồm N ngoài C đã hòa tan và có khả năng hóa cứng khi nung tốt (các tài liệu sáng chế 3 và 4).

Mặc dù các tấm thép được thể hiện trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 4 có thể đảm bảo khả năng hóa cứng khi nung tốt, các tấm thép này không phù hợp để sản xuất các tấm thép có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980 hoặc cao hơn mà có thể góp phần cho độ bền cao của các chi tiết kết cấu và giảm trọng lượng bởi vì kết cấu pha cơ bản là pha đơn ferit.

Ngược lại, kết cấu martensit cực kỳ cứng điển hình được sử dụng làm pha chính hoặc pha thứ hai trong các tấm thép có độ bền cao tới 980MPa hoặc

cao hơn để làm gia tăng độ bền.

Tuy nhiên, vì mactensit bao gồm số lệch mạng lớn, khó thu được khả năng hóa cứng khi nung tốt. Sở dĩ như vậy là do mật độ lệch mạng cao so với lượng C hòa tan trong thép. Nói chung, khi lượng C hòa tan nhỏ so với mật độ lệch mạng trong tấm thép, khả năng hóa cứng khi nung bị giảm. Do đó, khi thép mềm không có nhiều độ lệch mạng và thép của pha đơn mactensit được so sánh với nhau, nếu lượng C hòa tan như nhau, khả năng hóa cứng khi nung của pha đơn martenst bị giảm nhiều hơn.

Do đó, như các tấm thép mà được cố gắng để đảm bảo nhiều khả năng hóa cứng khi nung tốt, đã biết các tấm thép có độ bền cao hơn bằng cách bổ sung các nguyên tố như Cu, Mo, W và/hoặc tương tự với thép và kết tủa các cacbua của các nguyên tố này tại thời điểm nung - phủ (các tài liệu sáng chế 5 và 6). Tuy nhiên, các tấm thép này không có hiệu quả kinh tế cao do cần bổ sung các nguyên tố đắt tiền. Ngoài ra, thậm chí dù các cacbua của các nguyên tố này được sử dụng, vẫn khó đảm bảo độ bền là 980MPa hoặc cao hơn.

Trong khi đó, như đối với phương pháp gia tăng độ dai của tấm thép có độ bền cao, ví dụ, tài liệu sáng chế 7 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép này. Đã biết phương pháp trong đó tỷ lệ co của pha mactensit được điều chỉnh pha mactensit được sử dụng trong pha chính (tài liệu sáng chế 7).

Nói chung, đã biết rằng tỷ lệ co của mactensit phụ thuộc vào tỷ lệ co của các hạt austenit trước khi biến đổi. Tức là, mactensit có tỷ lệ co cao có nghĩa là mactensit được biến đổi từ austenit không kết tinh (austenit mà được kéo dài bằng cách cán) và mactensit có tỷ lệ co thấp có nghĩa là mactensit được biến đổi từ austenit không kết tinh.

Từ phần mô tả trên, để làm giảm tỷ lệ co của tấm thép của tài liệu sáng chế 7, cần tái kết tinh austenit; ngoài ra, để tái kết tinh austenit, cần nâng cao nhiệt độ cán hoàn thiện. Do đó, cỡ hạt của austenit và cũng như cỡ hạt của mactensit có xu hướng lớn. Nói chung, việc tinh chế hạt đã được biết đến là có hiệu quả để gia tăng độ dai. Việc giảm tỷ lệ co có thể giảm các yếu tố mà làm

suy giảm độ dai do hình dạng, nhưng đi kèm với việc làm suy giảm độ dai do các hạt tinh thể thô; do đó, có giới hạn về sự gia tăng độ dai. Ngoài ra, tài liệu sáng chế 7 không bộc lộ khả năng hóa cứng khi nung mà sự nghiên cứu của đơn này được tập trung và tài liệu sáng chế 7 khó đảm bảo khả năng hóa cứng khi nung đầy đủ.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế 8 bộc lộ rằng có thể gia tăng độ bền và độ dai ở nhiệt độ thấp bằng cách kết tủa mịn các cacbua trong ferit có cỡ hạt trung bình nằm trong khoảng từ 5 đến 10 μ m. Bằng cách kết tủa C hòa tan trong thép dưới dạng các cacbua bao gồm Ti và tương tự, độ bền của tấm thép được gia tăng, sao cho lượng C hòa tan trong thép là nhỏ và khả năng hóa cứng khi nung tốt không chắc thu được.

Theo cách này, khó thu được tấm thép có độ bền cao với 980MPa hoặc cao hơn có cả khả năng hóa cứng khi nung tốt lẫn độ dai tốt ở nhiệt độ thấp.

Các tài liệu của giải pháp đã biết

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số JP H5-55586B

Tài liệu sáng chế 2: Công bố patent Nhật Bản số JP 3404798B

Tài liệu sáng chế 3: Công bố patent Nhật Bản số JP 4362948B

Tài liệu sáng chế 4: Công bố patent Nhật Bản số JP 4524859B

Tài liệu sáng chế 5: Công bố patent Nhật Bản số JP 3822711B

Tài liệu sáng chế 6: Công bố patent Nhật Bản số JP 3860787B

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số JP 2011-52321A

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số JP 2011-17044A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Các vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế được thực hiện nhằm khắc phục các nhược điểm nêu trên và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép cán nóng có khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai ở nhiệt độ thấp với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn và phương pháp sản xuất ổn định tấm thép này.

Phương tiện để giải quyết các vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tạo ra thành công tấm thép cán nóng có độ bền cao, có khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai ở nhiệt độ thấp với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, nhờ việc tối ưu hóa hợp phần của tấm thép và các điều kiện sản xuất tấm thép và bằng cách kiểm soát kết cấu của tấm thép. Tóm lược của tấm thép là như sau.

(1) Tấm thép cán nóng có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, tấm thép này chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,2%,

Si: từ 0 đến 2,5%,

MN: từ 0 đến 4,0%,

Al: từ 0 đến 2,0%,

N: từ 0 đến 0,01%,

Cu: từ 0 đến 2,0%,

Ni: từ 0 đến 2,0%,

Mo: từ 0 đến 1,0%,

V: từ 0 đến 0,3%,

Cr: từ 0 đến 2,0%,

Mg: từ 0 đến 0,01%,

Ca: từ 0 đến 0,01%,

REM: từ 0 đến 0,1%,

B: từ 0 đến 0,01%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%,

O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%,

một nguyên tố hoặc cả hai nguyên tố Ti và Nb: với tổng lượng từ 0,01 đến 0,30% và

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

trong đó tấm thép này có kết cấu mà trong đó tổng phần thể tích của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp là 90% hoặc cao hơn và mật độ lệch mạng trong mactensit và bainit thấp lớn hơn hoặc bằng 5×10^{13} ($1/m^2$) và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{16} ($1/m^2$).

(2) Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (1), trong đó một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp bao gồm các cacbua gốc sắt với lượng là 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn.

(3) Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (1), trong đó một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp có cỡ hạt hữu hiệu nhỏ hơn hoặc bằng 10μm.

(4) Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (1), trong đó tấm thép này chứa các thành phần sau, tính theo % khối lượng:

Cu: từ 0,01 đến 2,0%,

Ni: từ 0,01 đến 2,0%,

Mo: từ 0,01 đến 1,0%,

V: từ 0,01 đến 0,3% và

Cr: từ 0,01 đến 2,0%.

(5) Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (1), trong đó tấm thép này chứa các thành phần sau, tính theo % khối lượng:

Mg: từ 0,0005 đến 0,01%,

Ca: từ 0,0005 đến 0,01% và

REM: từ 0,0005 đến 0,1%.

(6) Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (1), trong đó tấm thép này chứa thành phần sau, tính theo % khối lượng:

B: từ 0,0002 đến 0,01%.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, phương pháp này bao gồm các bước:

gia nhiệt, tùy ý sau khi làm nguội, phơi tấm đúc tới nhiệt độ 1200°C hoặc cao hơn, phơi tấm đúc này chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,2%,

Si: từ 0 đến 2,5%,

MN: từ 0 đến 4,0%,

Al: từ 0 đến 2,0%,

N: từ 0 đến 0,01%,

Cu: từ 0 đến 2,0%,

Ni: từ 0 đến 2,0%,

Mo: từ 0 đến 1,0%,

V: từ 0 đến 0,3%,

Cr: từ 0 đến 2,0%,

Mg: từ 0 đến 0,01%,

Ca: từ 0 đến 0,01%,

REM: từ 0 đến 0,1%,

B: từ 0 đến 0,01%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%,

O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%,

một nguyên tố hoặc cả hai nguyên tố Ti và Nb: với tổng lượng từ 0,01 đến 0,30% và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

hoàn thành việc cán nóng ở nhiệt độ 900°C hoặc cao hơn;

làm nguội tấm thép này ở tốc độ làm nguội là 50°C/giây hoặc cao hơn trên trung bình từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C;

thiết lập tốc độ làm nguội không cao hơn 50°C/giây ở nhiệt độ thấp hơn 400°C; và

cuộn tấm thép này.

(8) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao theo mục (7), trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

tiến hành xử lý mạ điện hoặc xử lý ủ mạ.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép có độ bền cao, có khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai ở nhiệt độ thấp với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn. Bằng cách sử dụng tấm thép này, người ta dễ dàng tạo ra tấm thép có độ bền cao và cũng có thể sử dụng tấm thép có độ bền cao đã xử lý với việc sử dụng lâu bền ở các vùng rất lạnh; do vậy, sự phân bố công nghiệp của tấm thép có độ bền cao là rất đáng chú ý.

Mô tả chi tiết sáng chế

Nội dung của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Theo nghiên cứu chuyên sâu của các tác giả sáng chế, kết cấu của tấm thép có mật độ lệch mạng lớn hơn hoặc bằng 5×10^{13} (1/m²) và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{16} (1/m²) và bao gồm một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn

bainit thấp, mỗi một loại có các cacbua gốc sắt với lượng 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn, tổng cộng đoạn thể tích là 90% hoặc cao hơn. Các tác giả sáng chế phát hiện tiếp rằng cỡ tinh thể hiệu quả của mactensit được ram và bainit thấp tốt hơn là 10μm hoặc nhỏ hơn sao cho độ bền cao là 980MPa hoặc cao hơn và khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai ở nhiệt độ thấp có thể được đảm bảo. Ở đây, hạt tinh thể hữu hiệu có nghĩa là vùng bao quanh bởi các biên dạng hạt có sự khác biệt định hướng là 15° hoặc cao hơn, mà có thể được đo ví dụ bằng cách sử dụng phép nhiễu xạ ngược điện tử (Electron backscatter diffraction – EBSD). Chi tiết của nó sẽ được mô tả sau đây.

Cấu trúc tế vi của tấm thép

Trước tiên, cấu trúc tế vi của tấm thép cán nóng theo sáng chế sẽ được mô tả.

Trong tấm thép này, pha chính là một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp tổng cộng đoạn thể tích là 90% hoặc cao hơn, sao cho đảm bảo độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn. Do đó, pha chính cần là một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp.

Theo sáng chế, mactensit được ram là cấu trúc tế vi quan trọng nhất có độ bền cao, khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai tốt ở nhiệt độ thấp. Mactensit được ram là kết tụ của các hạt tinh thể dạng bản bao gồm, bên trong bản, các cacbua gốc sắt có trục chính là 5nm hoặc cao hơn. Ngoài ra, các cacbua này thuộc các biến thể, nói cách khác, các cacbua gốc sắt kéo dài theo các hướng khác nhau.

Kết cấu của mactensit được ram có thể thu được bằng cách giảm tốc độ làm nguội tại thời điểm quá trình làm nguội được thực hiện ở nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng điểm Ms (nhiệt độ, ở đó sự biến đổi mactensit bắt đầu) hoặc bằng cách tạo ra kết cấu mactensit và sau đó tôi nó ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100°C đến 600°C. Theo sáng chế, sự kết tủa được kiểm soát bằng cách kiểm soát quá trình làm nguội ở nhiệt độ thấp hơn 400°C.

Bainit thấp cũng là kết tụ của các hạt tinh thể dạng bản bao gồm, bên trong bản, các cacbua gốc sắt có trục chính là 5nm hoặc cao hơn. Ngoài ra, các cacbua này thuộc biến thể đơn, nói cách khác, nhóm các cacbua gốc sắt kéo dài theo cùng hướng. Việc quan sát hướng kéo dài của các cacbua khiến cho dễ dàng phân biệt giữa mactensit được ram và bainit thấp. Ở đây, nhóm các cacbua gốc sắt kéo dài theo cùng hướng có nghĩa là sự khác nhau theo hướng kéo dài ở nhóm cacbua gốc sắt trong khoảng 5° .

Khi tổng phần thể tích của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp thấp hơn 90%, không thể đảm bảo độ bền kéo lớn nhất cao là 980MPa hoặc cao hơn và không thể đảm bảo độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn là một trong số các yêu cầu của sáng chế. Do đó, giới hạn dưới của tổng phần thể tích của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp là 90%. Mặt khác, thậm chí khi tổng phần thể tích là 100%, độ bền cao, khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai tốt ở nhiệt độ thấp, vốn là các hiệu quả của sáng chế, được thể hiện.

Trong kết cấu của tấm thép, như một kết cấu khác, một hoặc nhiều ferit, mactensit mới, bainit trên, peclit và austenit được giữ có thể chứa tổng cộng đoạn thể tích là 10% hoặc nhỏ hơn làm các tạp chất không thể tránh khỏi.

Ở đây, mactensit mới được định nghĩa là mactensit mà không có các cacbua. Mặc dù mactensit mới có độ bền cao, độ dai ở nhiệt độ thấp kém; do đó, đoạn thể tích là nó cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, mật độ lệch mạng là rất cao và khả năng hóa cứng khi nung là kém. Do đó, đoạn thể tích cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn.

Austenit được giữ được biến đổi thành mactensit mới khi vật liệu thép được biến dạng dẻo tại thời điểm tạo hình bằng cách dập hoặc khi chi tiết ô tô được biến dạng dẻo tại thời điểm va chạm và do vậy, austenit được giữ có các ảnh hưởng ngược tương tự với các ảnh hưởng của mactensit mới mô tả ở trên. Do đó, đoạn thể tích cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn.

Bainit trên là kết tụ của các hạt tinh thể dạng bản và là kết tụ của các bản

bao gồm các cacbua giữa các bản. Các cacbua có giữa các bản đóng vai trò làm điểm bắt đầu của vết nứt và giảm độ dai ở nhiệt độ thấp. Ngoài ra, vì bainit trên được tạo ra ở các nhiệt độ cao hơn bainit thấp, độ bền thấp và sự hình thành dư của nó khiến cho khó đảm bảo độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn. Hiệu quả này hiển nhiên nếu đoạn thể tích là bainit trên vượt quá 10% và do đó, đoạn thể tích là nó cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn.

Ferit có nghĩa là khối các hạt tinh thể và kết cấu không có, kết cấu bên trong, kết cấu dưới như bản. Vì ferit là kết cấu mềm nhất và dẫn đến giảm độ bền, để đảm bảo độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, cần giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, vì ferit mềm hơn nhiều so với mactensit được ram hoặc bainit thấp có ở pha chính, sự biến dạng tập trung ở giao diện giữa các kết cấu này dễ dàng đóng vai trò làm điểm bắt đầu vết nứt, dẫn đến độ dai kém ở nhiệt độ thấp. Các hiệu quả này sẽ trở nên hiển nhiên nếu đoạn thể tích vượt quá 10%; do đó, đoạn thể tích cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn.

Peclit dẫn đến làm giảm độ bền và hư hỏng độ dai ở nhiệt độ thấp, theo cùng cách như ferit; do đó, đoạn thể tích là nó cần được giới hạn ở 10% hoặc nhỏ hơn.

Như đối với tấm thép theo sáng chế, mà có kết cấu mô tả ở trên, sự đồng nhất của mactensit được ram, mactensit mới, bainit, ferit, peclit, austenit và phần còn lại có mặt trong đó, sự xác định các vị trí tồn tại và sự đo các đoạn thể tích có thể được thực hiện bằng cách làm ăn mòn mặt cắt ngang theo hướng cán tấm thép hoặc mặt cắt ngang theo hướng vuông góc với hướng cán sử dụng chất phản ứng nital và chất phản ứng được bộc lộ trong công bố đơn patent Nhật số JP S59-219473A và sau đó quan sát tấm thép bằng kính hiển vi điện tử loại quét và chuyển ở mức độ khuếch đại nằm trong khoảng từ 1000 đến 100000 lần.

Sự phân biệt của kết cấu cũng có thể bằng cách phân tích các hướng tinh thể bằng phương pháp kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường - mẫu nhiễu xạ phân tán ngược điện tử (FESEM-EBSP - Field Emission Scanning Electron Microscopy- electron back scatter diffraction pattern) - hoặc việc đo độ cứng

của vùng cực nhỏ (micro) như đo độ cứng Vickers cực nhỏ. Ví dụ, như được mô tả ở trên, mactensit được ram, bainit trên và bainit thấp là khác nhau ở các vị trí tạo hình của các cacbua và tương quan của các định hướng tinh thể (các hướng kéo dài). Do vậy, bằng cách quan sát các cacbua gốc sắt ở bên trong các hạt tinh thể dạng bản bởi kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM - Field Emission Scanning Electron Microscopy) để xem xét các hướng kéo dài của nó, có thể dễ dàng phân biệt giữa bainit và mactensit được ram.

Theo sáng chế, các đoạn thể tích của ferit, peclit, bainit, mactensit được ram và mactensit mới thu được theo cách sau đây: các mẫu được trích là các bề mặt quan sát bằng cách sử dụng các mặt cắt ngang theo hướng chiều dày phôi tấm, mà song song với hướng cán của tấm thép; các bề mặt quan sát được đánh bóng và khắc ăn mòn bằng nital và phạm vi chiều dày từ 1/8 đến 3/8 định tâm ở 1/4 chiều dày phôi tấm được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) để đo các đoạn diện tích dưới dạng các đoạn thể tích. Việc đo được thực hiện ở mười trường ở tỷ lệ khuếch đại 5000 đối với mỗi mẫu và giá trị trung bình được áp dụng là các đoạn thể tích.

Vì mactensit mới và austenit được giữ không bị ăn mòn đầy đủ bằng cách khắc ăn mòn bằng nital, khi quan sát bằng FE-SEM, có thể phân biệt rõ ràng giữa các kết cấu mô tả ở trên (ferit, bainitic ferit, bainit và mactensit được ram). Do đó, có thể thu được đoạn thể tích là mactensit mới dưới dạng chênh lệch giữa đoạn diện tích của vùng không bị ăn mòn được quan sát bởi FE-SEM và đoạn diện tích của austenit được giữ được đo bằng sử dụng các tia X.

Mật độ lệch mạng trong kết cấu của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp cần được giới hạn ở 1×10^{16} ($1/m^2$) hoặc nhỏ hơn. Điều này là để thu được khả năng hóa cứng khi nung tốt. Nói chung, mật độ lệch mạng có mặt trong mactensit được ram là cao, không thể đảm bảo khả năng hóa cứng khi nung tốt. Do đó, bằng cách kiểm soát các điều kiện làm nguội trong bước cán nóng, cụ thể, bằng cách đặt tốc độ làm nguội ở các nhiệt độ nằm trong khoảng từ thấp hơn 400°C đến thấp hơn 50°C/giây, có thể thu được khả năng hóa cứng khi nung tốt.

Mặt khác, nếu mật độ lệch mạng thấp hơn 5×10^{13} ($1/m^2$), sẽ khó đảm bảo độ bền là 980MPa hoặc cao hơn và do đó, giới hạn dưới của mật độ lệch mạng được đặt ở 5×10^{13} ($1/m^2$), giá trị mong muốn nằm trong khoảng từ 8×10^{13} đến 8×10^{15} ($1/m^2$), giá trị mong muốn hơn nằm trong khoảng từ 1×10^{14} đến 5×10^{15} ($1/m^2$).

Mật độ lệch mạng có thể thu được bằng cách quan sát sử dụng các tia X hoặc kính hiển vi điện tử loại truyền dài như mật độ lệch mạng có thể được đo. Theo sáng chế, bằng cách quan sát màng mỏng sử dụng kính hiển vi điện tử, mật độ lệch mạng được đo. Khi đo, chiều dày màng của vùng đo được đo và sau đó số lệch mạng có ở thể tích được đo, sao cho mật độ lệch mạng được đo. Phép đo được thực hiện ở 10 trường tỷ lệ khuếch đại 10000 đối với mỗi mẫu để tính mật độ lệch mạng.

Một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp theo sáng chế mong muốn có các cacbua gốc sắt 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn. Điều này là để gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp của pha cơ bản và để đạt được sự chênh lệch giữa độ bền cao và độ dai tốt ở nhiệt độ thấp. Tức là, mặc dù mactensit được chặn mà không xử lý tiếp bất kỳ có độ bền cao, độ dai của nó kém và cần cải thiện. Do đó, bằng cách kết tủa các cacbua gốc sắt với lượng 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn, độ dai của pha chính được cải thiện.

Theo các tác giả sáng chế nghiên cứu liên quan đến giữa độ dai ở nhiệt độ thấp và mật độ số của các cacbua gốc sắt, đã phát hiện ra rằng độ dai tốt ở nhiệt độ thấp có thể được đảm bảo bằng cách đặt mật độ số của các cacbua trong một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp ở 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn. Do đó, mật độ số của các cacbua trong một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp được đặt ở 1×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn, mong muốn ở 5×10^6 (số/mm²) hoặc cao hơn, mong muốn hơn ở 1×10^7 (số/mm²) hoặc cao hơn.

Ngoài ra, kích cỡ của các cacbua kết tủa qua việc xử lý ở trên theo sáng chế là nhỏ, là 300nm hoặc nhỏ hơn và hầu hết các cacbua được kết tủa ở các bản

của mactensit hoặc bainit; do đó, giả sử rằng độ dai ở nhiệt độ thấp không bị suy giảm.

Mật độ số của các cacbua được đo theo cách sau đây: các mẫu được trích là các bề mặt quan sát bằng cách sử dụng các mặt cắt ngang theo hướng chiều dày phôi tấm, song song với hướng cán của tấm thép; các bề mặt quan sát được đánh bóng và khắc ăn mòn bằng nital và phạm vi chiều dày từ 1/8 đến 3/8 được định tâm ở 1/4 chiều dày phôi tấm được quan sát bằng kính hiển vi điện tử trường quét (FE-SEM). Phép đo mật độ số của các cacbua gốc sắt được thực hiện ở 10 trường tỷ lệ khuếch đại là 5000 đối với mỗi mẫu.

Để gia tăng tiếp độ dai ở nhiệt độ thấp, một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp có dưới dạng pha chính và ngoài ra, hạt tinh thể hữu hiệu của nó được đặt ở 10µm hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp trở nên hiển nhiên bằng cách đặt hạt tinh thể hữu hiệu ở 10µm hoặc nhỏ hơn; do đó, hạt tinh thể hữu hiệu được đặt ở 10µm hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 8µm hoặc nhỏ hơn. Hạt tinh thể hữu hiệu nêu ở đây có nghĩa là vùng được bao quanh bởi các biên dạng hạt có sự chênh lệch hướng tinh thể là 15° hoặc cao hơn, sẽ được mô tả sau đây và tương ứng với cỡ hạt dạng khối trong mactensit hoặc bainit.

Tiếp theo, các phương pháp làm đồng nhất cỡ hạt tinh thể trung bình và kết cấu sẽ được mô tả. Theo sáng chế, cỡ hạt tinh thể trung bình, ferit và austenit được giữ được xác định bằng cách sử dụng kính hiển vi ảnh định hướng mẫu nhiễu xạ phân tán ngược điện tử (EBSP-OIMTM). Phương pháp của EBSP-OIMTM được kết cấu bởi thiết bị và phần mềm nhờ đó mẫu xiên cao được chiếu xạ bằng chùm tia điện tử trong kính hiển vi điện tử quét (SEM), các mẫu Kikuchi được tạo ra bằng cách phân tán ngược được chụp ảnh bằng camera độ nhạy cao và việc xử lý ảnh bằng máy tính được thực hiện để đo sự định hướng tinh thể của điểm chiếu xạ trong khoảng thời gian ngắn. Trong phương pháp EBSP, có thể phân tích lượng tử cấu trúc tế vi và các định hướng tinh thể trên bề mặt của mẫu khối, diện tích phân tích là vùng có thể được quan sát bằng SEM

và phụ thuộc vào sự phân giải của SEM, sự phân giải tối thiểu là 20nm có thể được phân tích. Theo sáng chế, từ ảnh ánh xạ bởi sự xác định mức chênh lệch định hướng ở các hạt tinh thể là 15° , là ngưỡng của các biên dạng hạt góc cao được nhận biết chung là các biên dạng hạt tinh thể, các hạt được quan sát và cỡ hạt tinh thể trung bình thu được.

Tỷ lệ co của các hạt tinh thể hiệu quả (ở đây, điều này nghĩa là vùng được bao quanh bởi các biên dạng hạt là 15° hoặc cao hơn) của mactensit được ram và bainit tốt hơn là 2 hoặc nhỏ hơn. Các hạt được dàn phẳng theo hướng cụ thể có sự dị hướng cao và thường xuyên có độ dai thấp vì sự lan tỏa của các vết nứt dọc theo các biên dạng hạt tại thời điểm thử nghiệm Charpy. Do đó, cần tạo ra các hạt tinh thể hiệu quả càng đẳng cự càng tốt. Theo sáng chế, mặt cắt ngang của tấm thép theo hướng cán được quan sát và tỷ lệ ($= L/T$) của độ dài theo hướng cán (L) với độ dài theo hướng chiều dày phôi tấm (T) được định nghĩa là tỷ lệ co.

Thành phần hóa học của tấm thép

Tiếp theo, các lý do giới hạn thành phần hóa học của tấm thép cán nóng có độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả. Lưu ý rằng hàm lượng % nghĩa là % tính theo khối lượng.

C: từ 0,01 đến 0,2%

C góp phần để gia tăng độ bền của vật liệu cơ bản và cải thiện khả năng hóa cứng khi nung và cũng sinh ra các cacbua gốc sắt như xementit (Fe_3C), mà đóng vai trò làm điểm bắt đầu gãy tại thời điểm mở rộng lỗ. Nếu hàm lượng của C thấp hơn 0,01%, tác dụng gia tăng độ bền như là kết quả của kết cấu tăng bền bởi pha tạo ra chuyển tiếp ở nhiệt độ thấp không thể thu được. Nếu hàm lượng của C vượt quá 0,2%, tính dẻo sẽ bị giảm và các cacbua gốc sắt như xementit (Fe_3C), mà đóng vai trò làm điểm bắt đầu gãy ở mặt cắt hai chiều tại thời điểm của quy trình đánh thủng, sẽ được gia tăng, dẫn đến làm suy giảm khả năng tạo hình như khả năng mở rộng lỗ. Do đó, hàm lượng của C được giới hạn ở trong khoảng từ 0,01 đến 0,2%.

Si: từ 0 đến 2,5%

Si góp phần để gia tăng độ bền của vật liệu cơ bản và có thể được sử dụng làm chất chống oxy hóa của thép nóng chảy. Do đó, tốt hơn nếu cần chứa Si với lượng 0,001% hoặc cao hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng vượt quá 2,5%, tác dụng góp phần gia tăng độ bền sẽ bão hòa; do đó, hàm lượng của Si được giới hạn ở 2,5% hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, khi Si được chứa với lượng là 0,1% hoặc cao hơn, khi hàm lượng được gia tăng, kết tủa của các cacbua gốc sắt như xementit được ngăn chặn nhiều hơn trong kết cấu vật liệu, góp phần gia tăng độ bền và khả năng mở rộng lỗ. Nếu hàm lượng của Si vượt quá 2,5%, tác dụng chặn kết tủa của các cacbua gốc sắt sẽ bị bão hòa. Do đó, phạm vi mong muốn của hàm lượng của Si nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2,5%.

Mn: từ 0 đến 4%

Mn có thể được chứa sao cho kết cấu của tấm thép có thể có pha chính của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp, ngoài sự gia cường bằng dung dịch, tôi - tôi cứng. Nếu việc bổ sung được thực hiện sao cho hàm lượng của Mn vượt quá 4%, tác dụng này sẽ bị bão hòa. Mặt khác, nếu Mn hàm lượng của thấp hơn 1%, các tác dụng chặn sự biến đổi ferit và biến đổi bainit là không dễ dàng trong khi làm nguội. Do đó, hàm lượng của Mn tốt hơn là 1% hoặc cao hơn, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 1,4 đến 3,0%.

Một hoặc cả hai Ti và Nb: tổng cộng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,30%

Mỗi Ti và Nb là nêu trên nguyên tố cấu thành quan trọng nhất cho cả độ dai tốt ở nhiệt độ thấp và độ bền cao là 980MPa hoặc cao hơn. Các cacbonitrit của nó hoặc Ti và Nb hòa tan làm trễ sự phát triển của các hạt tại thời điểm cán nóng, nhờ đó góp phần lọc cỡ hạt của phôi tấm cán nóng và sự gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp. N hòa tan là quan trọng bởi vì N hòa tan kích thích sự phát triển của các hạt. Đồng thời, Ti là đặc biệt quan trọng bởi vì Ti có thể tồn tại dưới dạng TiN để góp phần gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp nhờ việc lọc cỡ hạt tại thời điểm gia nhiệt phôi tấm. Để thu được cỡ hạt của phôi tấm cán nóng là 10µm hoặc nhỏ hơn, cần chứa riêng rẽ hoặc kết hợp Ti và Nb với lượng 0,01% hoặc

cao hơn. Nếu tổng hàm lượng của Ti và Nb vượt quá 0,30%, tác dụng trên sẽ bị bão hòa và hiệu quả kinh tế sẽ bị giảm. Do đó, tổng hàm lượng của Ti và Nb tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,02 đến 0,25%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,04 đến 0,20%.

Al: 0% 2,0%

Al có thể được chứa vì Al ngăn chặn sự tạo thành xementit thô và gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp. Ngoài ra, Al có thể được sử dụng làm chất chống oxy hóa. Tuy nhiên, Al quá mức sẽ gia tăng số chất lẫn thô gốc Al, dẫn đến làm suy giảm năng mở rộng lỗ và các vết xước bề mặt. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng của Al là 2,0%, tốt hơn là 1,5%. Vì khó chứa Al với lượng là 0,001% hoặc nhỏ hơn, nên đây là giới hạn dưới cơ bản.

N: từ 0 đến 0,01%

Tấm thép có thể chứa N vì N gia tăng khả năng hóa cứng khi nung. Tuy nhiên, N có thể dẫn đến sự tạo thành các lỗ thối tại thời điểm hàn, điều này sẽ làm giảm độ bền các mối nối của các phần hàn. Do đó, hàm lượng của N cần là 0,01% hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, hàm lượng của N là 0,0005% hoặc nhỏ hơn không có hiệu quả kinh tế và do đó, hàm lượng của N tốt hơn là 0,0005% hoặc cao hơn.

Các nguyên tố trên là thành phần hóa học cơ bản của tấm thép cán nóng theo sáng chế và có thể còn chứa hợp phần sau đây.

Tấm thép có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố Cu, Ni, Mo, V và Cr vì các nguyên tố này ngăn chặn sự chuyển pha ferit tại thời điểm làm nguội và thay đổi kết cấu của tấm thép thành một hoặc cả kết cấu mactensit được ram lẫn kết cấu bainit thấp. Ngoài ra, có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố này bởi vì các nguyên tố này có tác dụng gia tăng độ bền của tấm thép cán nóng bằng cách gia cường kết tủa hoặc gia cường dung dịch. Tuy nhiên, nếu hàm lượng của mỗi nguyên tố Cu, Ni, Mo, V và Cu thấp hơn 0,01%, các tác dụng trên sẽ không được thể hiện đầy đủ. Ngoài ra, nếu hàm lượng của Cu vượt quá 2,0%, hàm

lượng của Ni vượt quá 2,0%, hàm lượng của Mo vượt quá 1,0%, hàm lượng của V vượt quá 0,3% và hàm lượng của Cr vượt quá 2,0%, các tác dụng trên sẽ bị bão hòa và hiệu quả kinh tế sẽ bị giảm. Do đó, mong muốn là, trong trường hợp mà nếu cần chứa một hoặc nhiều nguyên tố Cu, Ni, Mo, V và Cr, hàm lượng của các nguyên tố Cu, Ni, Mo, V và Cr lần lượt nằm trong khoảng từ 0,01 đến 2,0%, từ 0,01 đến 2,0%, từ 0,01 đến 1,0%, từ 0,01 đến 0,3% và từ 0,01 đến 2,0%.

Một hoặc nhiều nguyên tố Mg, Ca và REM (kim loại đất hiếm) có thể được chứa bởi vì các nguyên tố này kiểm soát dạng của các chất lẫn phi kim loại đóng vai trò làm điểm bắt đầu của vết nứt và yếu tố làm suy giảm khả năng xử lý để gia tăng khả năng xử lý. Khi tổng hàm lượng của các nguyên tố Ca, REM và Mg là 0,0005%, các tác dụng sẽ là hiển nhiên. Do đó, trong trường hợp chứa một hoặc nhiều nguyên tố này, tổng hàm lượng của nó cần là 0,0005% hoặc cao hơn. Ngoài ra, nếu hàm lượng của Mg vượt quá 0,01%, hàm lượng của Ca vượt quá 0,01% và hàm lượng của REM vượt quá 0,1%, các tác dụng trên sẽ bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm. Do đó, mong muốn là hàm lượng của Mg, hàm lượng của Ca và hàm lượng của REM lần lượt nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,01%, từ 0,0005 đến 0,01% và từ 0,0005 đến 0,1%.

B góp phần thay đổi kết cấu của tấm thép thành một hoặc cả kết cấu mactensit được ram và kết cấu bainit thấp bằng cách làm trễ sự chuyển pha ferit. Ngoài ra, theo cùng cách như C, bằng cách phân tách B ở các biên dạng hạt để gia tăng độ bền biên dạng hạt, độ dai ở nhiệt độ thấp được gia tăng. Do vậy, tấm thép có thể chứa B. Tuy nhiên, tác dụng này trở nên hiển nhiên khi hàm lượng của B ở tấm thép là 0,0002% hoặc cao hơn; do đó, giới hạn dưới của B tốt hơn là 0,0002%. Mặt khác, nếu hàm lượng của B vượt quá 0,01%, tác dụng bị bão hòa và hiệu quả kinh tế bị giảm; do đó, giới hạn trên là 0,01%. Hàm lượng của B tốt hơn nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,005%, tốt hơn nữa nằm trong khoảng từ 0,0007 đến 0,0030%.

Như đối với các nguyên tố khác, thậm chí khi chứa một hoặc nhiều nguyên tố Zr, Sn, Co, Zn và W với tổng hàm lượng của 1% hoặc nhỏ hơn, các

tác dụng của sáng chế được khẳng định là không bị hư hại. Trong số các nguyên tố này, Sn có thể tạo ra các vết xước tại thời điểm cán nóng; do đó, hàm lượng của nó tốt hơn là 0,05% hoặc nhỏ hơn.

Theo sáng chế, hợp phần khác với thành phần trên là Fe, nhưng các tạp chất không thể tránh khỏi được trộn từ các vật liệu thô để làm nóng chảy như các mảnh rời hoặc các chất chịu nhiệt là chấp nhận được. Các tạp chất điển hình là như sau.

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn

P là tạp chất chứa ở sắt thỏi nóng chảy, được phân tách ở các biên dạng hạt và khi hàm lượng của nó được gia tăng, độ dai ở nhiệt độ thấp bị giảm thêm. Do đó, hàm lượng của P tốt hơn là càng thấp càng tốt và là 0,10% hoặc nhỏ hơn bởi vì hàm lượng này cao hơn 0,10% sẽ ảnh hưởng ngược đến khả năng xử lý và khả năng hàn. Cụ thể, xét đến khả năng hàn, hàm lượng của P tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng của P càng thấp càng được ưu tiên; tuy nhiên, việc giảm quá mức cần thiết sẽ cản trở quá trình luyện thép với tải trọng lớn. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng của P có thể là 0,001%.

S: 0,03% hoặc nhỏ hơn

S cũng là tạp chất chứa ở sắt thỏi nóng chảy. Nếu hàm lượng của S quá cao, sự gãy xảy ra tại thời điểm cán nóng và các chất lẫn như MnS, mà làm hư hỏng khả năng mở rộng lỗ, sẽ được tạo ra. Do đó, hàm lượng của S cần phải càng thấp càng tốt và 0,03% hoặc nhỏ hơn là ở trong khoảng chấp nhận được. Do đó, hàm lượng của S là 0,03% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý rằng, ở trường hợp mà cần có khả năng mở rộng lỗ nhất định, hàm lượng của S tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,005% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng của S càng thấp càng tốt; tuy nhiên, việc khử quá mức cần thiết sẽ cản trở quá trình luyện thép với tải trọng lớn. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng của S có thể là 0,0001%.

O: 0,01% hoặc nhỏ hơn

O quá nhiều sinh ra các oxit thô đóng vai trò làm điểm bắt đầu của vết

nứt ở thép và gây ra vết nứt giòn hoặc rạn nứt do hydro gây ra, sao cho hàm lượng của O là 0,01 hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng hàn tại vị trí, hàm lượng của O tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng của O có thể là 0,0005% hoặc cao hơn bởi vì O phân tán lượng lớn các oxit mịn tại thời điểm khử oxy hóa của thép nóng chảy.

Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo sáng chế, mà có kết cấu mô tả và thành phần hóa học mô tả ở trên, có thể có độ bền chịu ăn mòn cao bằng cách bao gồm, trên bề mặt của nó, lớp mạ bằng cách nhúng nóng được tạo ra bằng cách xử lý mạ điện bằng cách nhúng nóng và lớp ủ mạ được tạo ra bằng cách xử lý ủ mạ (xử lý ủ mạ nghĩa là xử lý sử dụng quy trình mạ bằng cách nhúng nóng và quy trình tạo hợp kim). Lưu ý rằng lớp mạ không bị giới hạn ở kẽm nguyên chất và bất kỳ một trong số các nguyên tố như Si, Mg, Zn, Al, Fe, Mn, Ca và Zr có thể được bổ sung để gia tăng tiếp độ bền chịu ăn mòn. Chất lẫn có mặt trong lớp mạ không ảnh hưởng đến khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai ở nhiệt độ thấp của sáng chế.

Theo cách khác, các tác dụng của sáng chế có thể được thể hiện bằng cách bao gồm lớp xử lý bề mặt được tạo ra bằng phương pháp bất kỳ sau đây: tạo hình màng hữu cơ, tạo lớp màng, xử lý bằng các muối hữu cơ/muối vô cơ, xử lý không crôm và tương tự.

Phương pháp sản xuất tấm thép

Tiếp đến, phương pháp sản xuất tấm thép theo sáng chế sẽ được mô tả.

Để đạt được khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai ở nhiệt độ thấp, điều quan trọng là mật độ lệch mạng là 1×10^{16} ($1/m^2$) hoặc nhỏ hơn, số cacbua gốc sắt là 1×10^6 (số/ mm^2) hoặc cao hơn và tổng hàm lượng của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp, mỗi loại có cỡ hạt là 10 μm hoặc nhỏ hơn, là 90% hoặc cao hơn. Các chi tiết về điều kiện sản xuất để thỏa mãn tất cả các điều kiện trên sẽ được mô tả dưới đây.

Không có giới hạn cụ thể về phương pháp sản xuất trước khi cán nóng.

Tức là, sau khi làm nóng chảy ở lò thổi, lò điện hoặc tương tự, sự tinh chế thứ cấp được thực hiện theo cách khác nhau sao cho hợp phần được điều chỉnh thành hợp phần trên, tiếp theo đúc bằng cách đúc liên tục thông thường, phương pháp đúc thổi, thổi tấm đúc mỏng, hoặc tương tự.

Trong trường hợp đúc liên tục, quá trình làm nguội có thể được thực hiện để tạo ra nhiệt độ thấp và sau đó sự gia nhiệt lại có thể được thực hiện trước khi cán nóng, thổi có thể được cán nóng mà làm nguội đến nhiệt độ trong phòng hoặc tấm thép đúc có thể được cán nóng liên tục. Tới chừng nào hợp phần có thể được kiểm soát trong phạm vi theo sáng chế, các mảnh có thể được sử dụng làm vật liệu thô.

Tấm thép có độ bền cao theo sáng chế thu được khi thỏa mãn các yêu cầu sau đây.

Để tạo ra tấm thép có độ bền cao, sự nóng chảy được thực hiện để thu được hợp phần tấm thép định trước và sau đó tùy ý sau khi làm nguội, thổi tấm đúc được gia nhiệt tới nhiệt độ 1200°C hoặc cao hơn, sự cán nóng được hoàn tất ở nhiệt độ 900°C hoặc cao hơn, tấm thép được làm nguội ở tốc độ làm nguội là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn trung bình từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C và tấm thép được cuộn ở nhiệt độ thấp hơn 400°C và tốc độ làm nguội không cao hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Theo cách này, có thể sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao, có khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai ở nhiệt độ thấp với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn.

Nhiệt độ để gia nhiệt thổi tấm ở bước cán nóng cần là 1200°C hoặc cao hơn. Ở tấm thép theo sáng chế, các hạt austenit được ngăn không cho hóa thô bằng cách sử dụng Ti và Nb hòa tan và do đó, cần hòa tan NbC và TiC mà được kết tủa tại thời điểm đúc. Nếu nhiệt độ gia nhiệt thổi tấm thấp hơn 1200°C , các cacbua của Nb và Ti mất thời gian dài để được nóng chảy và do vậy cỡ hạt tinh thể sẽ không được tinh chế sau đó và tác dụng gia tăng độ dai ở nhiệt độ thấp gây ra bằng cách tinh lọc sẽ không được thể hiện. Do đó, nhiệt độ để gia nhiệt thổi tấm cần là 1200°C hoặc cao hơn. Tác dụng của sáng chế có thể được thể

hiện thậm chí không có giới hạn trên cụ thể bất kỳ về nhiệt độ để gia nhiệt phơi tẩm; tuy nhiên, nhiệt độ cao quá mức để gia nhiệt không có hiệu quả kinh tế. Do đó, giới hạn trên về nhiệt độ để gia nhiệt phơi tẩm tốt hơn là thấp hơn 1300°C .

Nhiệt độ cán hoàn thiện cần là 900°C hoặc cao hơn. Số lượng lớn của Ti và Nb được bổ sung vào tẩm thép theo sáng chế để tinh lọc cỡ hạt austenit. Do đó, nếu việc cán hoàn thiện được thực hiện ở khoảng nhiệt độ thấp hơn 900°C , austenit không chắc là không kết tinh và các hạt kéo dài ở hướng cán sẽ được tạo ra, dễ dàng gây ra sự suy giảm độ dai. Ngoài ra, khi austenit không kết tinh được biến đổi thành mactensit hoặc bainit, các lệch mạng tích tụ ở austenit là tự tạo thành mactensit hoặc bainit, sao cho mật độ lệch mạng ở tẩm thép không thể nằm trong khoảng được điều chỉnh theo sáng chế, dẫn đến làm suy giảm khả năng hóa cứng khi nung. Do đó, nhiệt độ cán hoàn thiện là 900°C hoặc cao hơn.

Cần thực hiện quá trình làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C . Nếu tốc độ làm nguội thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, ferit sẽ được tạo ra nửa chừng khi làm nguội và khó tạo ra tỷ lệ thể tích của pha chính, một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp là 90% hoặc cao hơn. Do đó, tốc độ làm nguội trung bình cần là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn. Tuy nhiên, nếu ferit không được tạo ra trong quá trình làm nguội, quá trình làm nguội bằng không khí có thể được thực hiện ở nhiệt độ từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C .

Lưu ý rằng, tốt hơn là đặt tốc độ làm nguội từ điểm Bs đến nhiệt độ, tại đó bainit thấp được tạo ra (sau đây được gọi là nhiệt độ tạo bainit thấp) là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn. Điều này nhằm tránh việc tạo ra bainit trên. Nếu tốc độ làm nguội từ điểm Bs thành nhiệt độ sinh ra bainit thấp thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, bainit trên sẽ được tạo ra; ngoài ra, mactensit mới (mactensit có mật độ lệch mạng cao) sẽ được tạo ra giữa các bản của bainit, hoặc austenit được giữ (sẽ được biến đổi thành mactensit có mật độ lệch mạng cao tại thời điểm xử lý) sẽ tồn tại, dẫn đến làm hư hỏng khả năng hóa cứng khi nung và độ dai ở nhiệt độ thấp. Lưu ý rằng, điểm Bs là nhiệt độ, tại đó bainit trên bắt đầu được tạo ra,

nhiệt độ được xác định phụ thuộc vào hợp phần và thuận tiện là 550°C . Mặc dù cũng được xác định phụ thuộc vào hợp phần, nhiệt độ sinh ra bainit thấp thuận tiện là 400°C . Từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C , tốc độ làm nguội trung bình được đặt ở $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn và tốc độ làm nguội đặc biệt từ 550°C đến 400°C được đặt ở $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn.

Lưu ý rằng đặt tốc độ làm nguội trung bình là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C gồm trường hợp trong đó tốc độ làm nguội được đặt ở $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 550°C và tốc độ làm nguội được đặt ở thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ từ 550°C đến 400°C . Tuy nhiên, dưới điều kiện này, bainit trên dễ dàng được tạo ra và bainit trên với lượng lớn hơn 10% sẽ được tạo ra một phần. Do đó, tốt hơn là đặt tốc độ làm nguội ở $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550°C đến 400°C .

Tốc độ làm nguội lớn nhất ở các nhiệt độ thấp hơn 400°C cần là thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Điều này làm cho pha chính của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp trong đó mật độ lệch mạng và mật độ số của các cacbua gốc sắt được đặt trong khoảng trên. Nếu tốc độ làm nguội lớn nhất là $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn, các cacbua gốc sắt và mật độ lệch mạng sẽ không nằm trong khoảng trên và không thu được khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai. Do vậy, tốc độ làm nguội lớn nhất cần là thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ở đây, quá trình làm nguội ở nhiệt độ thấp hơn 400°C và tốc độ làm nguội không cao hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đạt được bằng cách làm nguội bằng không khí, ví dụ. Quá trình làm nguội ở đây không chỉ nghĩa là làm nguội mà còn bao gồm quá trình cuộn tấm thép ở lúc giữ đẳng nhiệt, tức là, quá trình cuộn ở các nhiệt độ thấp hơn 400°C . Ngoài ra, tốc độ làm nguội được kiểm soát ở khoảng nhiệt độ này để mật độ lệch mạng và mật độ số của các cacbua gốc sắt ở kết cấu của tấm thép được kiểm soát. Do vậy, sau khi quá trình làm nguội được thực hiện sao cho nhiệt độ trở thành nhiệt độ, ở đó sự biến đổi mactensit bắt đầu (điểm M_s) hoặc nhỏ hơn, thậm chí khi nhiệt độ được gia tăng và sự tái gia nhiệt được thực hiện, nên vẫn có thể thu được độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao

hơn, khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai tốt, vốn là các hiệu quả của sáng chế.

Nói chung, sự chuyển pha ferit cần được ngăn chặn để thu được mactensit và quá trình làm nguội ở 50°C /giây hoặc cao hơn được cho là cần thiết. Ngoài ra, ở các nhiệt độ thấp, sự lệch mạng xảy ra từ khoảng nhiệt độ gọi là phạm vi làm sôi màng trong đó hệ số truyền nhiệt là tương đối thấp và quá trình làm nguội là khó khăn, tới khoảng nhiệt độ gọi là phạm vi nhiệt độ làm sôi trong đó hệ số truyền nhiệt là cao và quá trình làm nguội là dễ dàng. Ở trường hợp mà quá trình làm nguội bị dừng ở khoảng nhiệt độ thấp hơn 400°C , nhiệt độ cuộn tương tự thay đổi và do đó, chất lượng vật liệu thay đổi. Do vậy, nhiệt độ cuộn điển hình thường xuyên được đặt ở nhiệt độ lớn hơn 400°C hoặc ở nhiệt độ trong phòng.

Kết quả là, giả định rằng chưa phát hiện ra trong giải pháp kỹ thuật đã biết là quá trình cuộn ở các nhiệt độ thấp hơn 400°C hoặc sự giảm tốc độ làm nguội có thể dẫn đến độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai ở nhiệt độ tốt.

Lưu ý rằng, để gia tăng tính dẻo bằng cách điều chỉnh tấm thép và tạo hình các độ lệch mạng dịch chuyển được, sau khi tất cả các bước được hoàn thiện, sự cán phẳng tốt hơn được thực hiện ở tốc độ khử nằm trong khoảng từ 0,1 đến 2%. Ngoài ra, sau khi tất cả các bước được hoàn thành, để loại bỏ các vảy gắn lên bề mặt của tấm thép cán nóng thu được này, tấm thép cán nóng nếu cần có thể được tẩy gỉ. Ngoài ra, sau khi tẩy gỉ, tấm thép cán nóng thu được có thể được cán phẳng hoặc cán nguội ở sự giảm tiết diện là 10% hoặc nhỏ hơn theo cách tại chỗ hoặc không tại chỗ.

Tấm thép của sáng chế được tạo ra qua sự đúc liên tục, cán thô, cán hoàn thiện, hoặc tẩy gỉ, mà là quy trình cán nóng điển hình; tuy nhiên, thậm chí khi một phần của chúng được bỏ qua khi sản xuất, các hiệu quả của của sáng chế mà là độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, khả năng hóa cứng khi nung tốt và độ dai tốt ở nhiệt độ thấp, có thể được đảm bảo.

Ngoài ra, sau khi tấm thép cán nóng được sản xuất, thậm chí khi xử lý nhiệt được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 100°C đến 600°C theo cách tại chỗ hoặc không tại chỗ để kết tủa các cacbua, các tác dụng của sáng chế, mà là khả năng hóa cứng khi nung tốt, độ dai tốt ở nhiệt độ thấp và độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, có thể được đảm bảo.

Tấm thép có độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn theo sáng chế nghĩa là tấm thép có ứng suất kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn được đo bằng thử nghiệm kéo phù hợp với JIS Z 2241 sử dụng miếng thử nghiệm JIS số 5 mà được cắt theo hướng vuông góc với hướng cán của quá trình cán nóng.

Tấm thép có khả năng hóa cứng khi nung tốt theo sáng chế nghĩa là tấm thép có 60MPa hoặc cao hơn, tốt hơn là 80MPa hoặc cao hơn, sự chênh lệch độ bền rão tại thời điểm thử nghiệm kéo căng lại sau khi cho ứng suất kéo trước 2% được truyền, tiếp đến xử lý nhiệt ở nhiệt độ 170°C trong thời gian 20 phút. Sự khác biệt trên ứng với khả năng hóa cứng khi nung (BH) được đo phù hợp với các phương pháp thử nghiệm phủ - nung - tôi cứng được mô tả ở phụ lục của JIS G 3135.

Tấm thép có độ dai tốt ở các nhiệt độ thấp theo sáng chế nghĩa là tấm thép có nhiệt độ lệch mạng ở đoạn -40°C (vTrs) được đo bằng thử nghiệm Charpy được tiến hành phù hợp với JIS Z 2242. Ở sáng chế, vì tấm thép mục tiêu chủ yếu được sử dụng cho ứng dụng ô tô, nên chiều dày điển hình là 3mm. Do vậy, bề mặt của tấm thép cán nóng được mài và tấm thép được xử lý thành miếng thử nghiệm cỡ nhỏ là 2,5mm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Nội dung kỹ thuật của sáng chế sẽ được mô tả bằng các ví dụ của sáng chế.

Như các ví dụ, các thép A đến S theo sáng chế thỏa mãn các điều kiện của sáng chế và các thép so sánh từ a đến k, các hợp phần cấu thành của nó được thể hiện trong bảng 1 và các kết quả nghiên cứu của nó sẽ được mô tả.

Sau khi các thép này được đúc, các thép trực tiếp được gia nhiệt đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1030°C đến 1300°C, hoặc các thép được làm nguội đến nhiệt độ trong phòng và sau đó gia nhiệt lại tới khoảng nhiệt độ này. Sau đó, việc cán nóng được thực hiện dưới các điều kiện được thể hiện trong các bảng 2-1 và 2-2, việc cán hoàn thiện được thực hiện ở các nhiệt độ nằm trong khoảng từ 760°C đến 1030°C và quá trình làm nguội và cuộn được tiến hành dưới các điều kiện được thể hiện trong các bảng 2-1 và 2-2. Do vậy, các tấm thép cán nóng có chiều dày là 3,2mm được tạo ra. Sau đó, việc tẩy gỉ được thực hiện và việc cán phẳng 5% được thực hiện.

Các miếng thử nghiệm khác nhau được cắt từ các tấm thép cán nóng thu được để thực hiện thử nghiệm chất lượng vật liệu và quan sát kết cấu.

Thử nghiệm kéo được tiến hành bằng cách cắt các miếng thử nghiệm JIS số 5 theo hướng vuông góc với hướng cán, phù hợp với JIS Z 2242.

Khả năng hóa cứng khi nung được đo bằng cách cắt miếng thử nghiệm JIS số 5 theo hướng vuông góc với hướng cán, phương pháp thử nghiệm tôi bằng cách phủ - nung được mô tả trong phụ lục của JIS G 3135. Ứng suất trước là 2% và các điều kiện xử lý nhiệt là 170°C × 20 phút.

Thử nghiệm Charpy được tiến hành phù hợp với JIS Z 2242 và các nhiệt độ lệch mạng vết nứt được quan sát. Vì mỗi tấm thép theo sáng chế có chiều dày nhỏ hơn 10mm, nên cả hai bề mặt của tấm thép cán nóng được nghiền thành chiều dày 2,5mm và sau đó thử nghiệm Charpy được tiến hành.

Một số tấm thép thu được dưới dạng tấm thép mạ bằng cách nhúng nóng (GI) và tấm thép ủ mạ (GA) bằng cách gia nhiệt tấm thép cán nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 660°C đến 720°C và tiến hành xử lý mạ điện bằng cách nhúng nóng hoặc xử lý mạ tiếp đến xử lý gia nhiệt lớp mạ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 540°C đến 580°C, sao cho thử nghiệm chất lượng vật liệu được tiến hành.

Sự quan sát cấu trúc tế vi được thực hiện bằng phương pháp nêu trên và

mỗi kết cấu được đo đối với đoạn thể tích, mật độ lệch mạng, mật độ số của các cacbua gốc sắt, cỡ hạt tinh thể hiệu quả và tỷ lệ co.

Các bảng 3-1 và 3-2 thể hiện các kết quả.

Rõ ràng là chỉ các thép đáp ứng các điều kiện của sáng chế có độ bền kéo lớn nhất là 980Mpa hoặc cao hơn, khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai tốt ở nhiệt độ thấp.

Ngược lại, các thép A-3, B-4, E-4, J-4, M-4 và S-4 không thể có đoạn kết cấu và hạt tinh thể hữu hiệu trong phạm vi của sáng chế và có độ bền thấp và có độ dai kém ở nhiệt độ thấp bởi vì các cacbua của Ti và Nb mà được kết tủa tại thời điểm đúc không chức được hòa tan do nhiệt độ để gia nhiệt phơi tẩm là thấp hơn 1200°C, thậm chí dù các điều kiện cán nóng khác nằm trong phạm vi của sáng chế.

Các thép A-4, B-5, J-5, M-5 và S-5 được tạo ra ở nhiệt độ cán hoàn thiện quá thấp, sao cho việc cán được thực hiện trong phạm vi của austenit không kết tinh. Do đó, mật độ lệch mạng trong thép cán nóng trở nên quá cao và khả năng hóa cứng khi nung trở nên kém và ngoài ra, các hạt được kéo dài theo hướng cán và tỷ lệ co cao. Do đó, các thép A-4, B-5, J-5, M-5 và S-5 có tỷ lệ co cao và có độ dai kém.

Các thép A-5, B-6, J-6, M-6 và S-6 được tạo ra ở tốc độ làm nguội là thấp hơn 50°C/giây từ nhiệt độ cán hoàn thiện là 400°C, sao cho lượng lớn ferit được tạo ra trong khi làm nguội. Do đó, độ bền cao khó được đảm bảo và giao diện giữa ferit và mactensit đóng vai trò làm điểm bắt đầu của vết nứt. Do đó, các thép A-5, B-6, J-6, M-6 và S-6 có độ dai kém ở nhiệt độ thấp.

Các thép A-6, B-7, J-7, M-7 và S-7 được tạo ra ở tốc độ làm nguội lớn nhất là 50°C/giây hoặc cao hơn ở các nhiệt độ thấp hơn 400°C, sao cho mật độ lệch mạng trong mactensit trở nên cao và khả năng hóa cứng khi nung trở nên kém. Ngoài ra, lượng kết tủa của các cacbua là không đủ và do đó các thép A-6, B-7, J-7, M-7 và S-7 có độ dai kém ở nhiệt độ thấp.

Lưu ý rằng, trong thép B-3 trong các ví dụ, trong trường hợp mà tốc độ làm nguội được đặt ở $45^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ từ nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550°C đến 400°C , tốc độ làm nguội trung bình là $80^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ từ 950°C , là nhiệt độ cán hoàn thiện, đến nhiệt độ 400°C . Do đó, tốc độ làm nguội trung bình là 50°C hoặc cao hơn được thỏa mãn; tuy nhiên, kết cấu của tấm thép có 10% hoặc cao hơn bainit trên một phần và chất lượng vật liệu của nó thay đổi.

Thép A-7 được tạo ra ở nhiệt độ cuộn cao tới nhiệt độ 480°C , sao cho kết cấu của tấm thép trở thành kết cấu bainit trên. Do đó, độ bền kéo lớn nhất là 980Mpa hoặc cao hơn khó thu được và các cacbua gốc sắt thô được kết tủa giữa các bản có mặt trong bainit trên kết cấu đóng vai trò làm điểm bắt đầu của vết nứt. Do đó, thép A-7 có độ dai kém ở nhiệt độ thấp.

Các thép B-8, J-8 và M-8 được tạo ra ở các nhiệt độ cuộn cao tới nhiệt độ nằm trong khoảng từ 580°C đến 620°C , sao cho kết cấu của tấm thép trở thành kết cấu hỗn hợp của ferit và peclit bao gồm các cacbua của Ti và Nb. Do đó, hầu hết C trong tấm thép được kết tủa dưới dạng các cacbua và lượng đủ của C hòa tan không được đảm bảo. Do đó, các thép B-8, J-8 và M-8 có khả năng hóa cứng khi nung thấp.

Ngoài ra, như được thể hiện trong các thép A-8, A-9, B-9, B-10, E-6, E-7, J-9, J-10, M-9, M-10, S-9 và S-10, thậm chí khi xử lý ủ mạ hoặc xử lý ủ mạ được thực hiện, chất lượng vật liệu của sáng chế có thể được đảm bảo.

Ngược lại, các thép từ a đến k mà các thành phần của tấm thép không nằm trong phạm vi của sáng chế không thể có độ bền kéo lớn nhất là 980Mpa hoặc cao hơn, khả năng hóa cứng khi nung tốt và có độ dai tốt ở nhiệt độ thấp, như được định nghĩa trong sáng chế.

Bảng 1

Thép	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ti	Nb	Nguyên tố khác	Ghi chú
A	0,054	1,32	2,34	0,009	0,0009	0,029	0,0024	0,0022	0,192	-	-	Thép theo sáng chế
B	0,063	1,16	2,91	0,012	0,0024	0,033	0,0021	0,0016	0,103	0,021	-	Thép theo sáng chế
C	0,069	0,76	2,31	0,015	0,0023	0,024	0,0021	0,0016	0,062	0,031	Cu=0,23	Thép theo sáng chế
D	0,070	0,59	2,39	0,007	0,0016	0,018	0,0029	0,0020	0,049	0,039	Ni=0,42	Thép theo sáng chế
E	0,068	0,72	1,89	0,010	0,0038	0,016	0,0027	0,0023	-	0,087	Mo=0,38	Thép theo sáng chế
F	0,059	1,76	2,42	0,008	0,0043	0,011	0,0026	0,0015	0,024	0,016	V=0,046	Thép theo sáng chế
G	0,068	1,06	1,78	0,006	0,0012	0,032	0,0025	0,0027	0,101	-	Cr=0,62	Thép theo sáng chế
H	0,082	0,64	2,28	0,009	0,0005	0,006	0,0027	0,0021	0,089	-	Mg=0,0014	Thép theo sáng chế
I	0,060	0,54	2,30	0,014	0,0038	0,010	0,0032	0,0016	0,102	-	Ca=0,0008	Thép theo sáng chế
J	0,073	0,08	2,53	0,018	0,0026	1,080	0,0072	0,0009	0,052	0,012	B=0,0028	Thép theo sáng chế
K	0,070	0,84	2,32	0,007	0,0019	0,020	0,0016	0,0018	0,027	0,011	REM=0,0038	Thép theo sáng chế
L	0,103	0,89	2,27	0,009	0,0030	0,017	0,0030	0,0016	0,086	-	-	Thép theo sáng chế
M	0,109	0,92	2,07	0,012	0,0024	0,034	0,0320	0,0022	0,049	0,025	B=0,0013	Thép theo sáng chế
N	0,107	0,85	1,64	0,011	0,0027	0,016	0,0016	0,0018	0,099	-	Cr=1,26	Thép theo sáng chế
O	0,111	0,69	2,31	0,016	0,0007	0,010	0,0027	0,0021	0,095	-	Ca=0,0022	Thép theo sáng chế
P	0,114	0,13	1,89	0,012	0,0025	0,642	0,0026	0,0012	0,071	0,016	Mo=0,19, B=0,0009	Thép theo sáng chế
Q	0,157	1,22	2,34	0,010	0,0018	0,030	0,0030	0,0023	0,048	0,009	B=0,0009	Thép theo sáng chế
R	0,161	1,08	2,31	0,009	0,0021	0,028	0,0024	0,0018	0,062	-	-	Thép theo sáng chế
S	0,200	0,87	2,11	0,013	0,0032	0,020	0,0023	0,0021	0,067	0,002	Cr=0,29	Thép theo sáng chế
a	<u>0,002</u>	0,34	1,32	0,062	0,0056	0,034	0,0033	0,0032	0,019	0,042	-	<u>Thép so sánh</u>
b	<u>0,620</u>	1,32	2,16	0,013	0,0034	0,024	0,0021	0,0017	0,021	0,029	-	<u>Thép so sánh</u>
c	0,084	<u>3,09</u>	2,34	0,021	0,0029	0,029	0,0023	0,0016	0,086	0,012	-	<u>Thép so sánh</u>
d	0,072	0,86	<u>5,61</u>	0,032	0,0032	0,021	0,0019	0,0021	0,105	-	-	<u>Thép so sánh</u>
f	0,063	0,84	2,13	<u>0,109</u>	0,0018	0,034	0,0035	0,0018	0,079	0,024	-	<u>Thép so sánh</u>
g	0,065	0,73	1,89	0,018	<u>0,0510</u>	0,013	0,0031	0,0020	0,099	0,013	-	<u>Thép so sánh</u>
h	0,073	0,69	1,99	0,008	0,0016	<u>2,462</u>	0,0030	0,0043	0,104	0,011	-	<u>Thép so sánh</u>
i	0,084	0,75	2,05	0,013	0,0025	0,046	<u>0,0490</u>	0,0026	0,076	0,020	-	<u>Thép so sánh</u>
j	0,091	0,81	2,13	0,016	0,0036	0,023	0,0025	0,0027	-	-	-	<u>Thép so sánh</u>
k	0,076	0,82	1,97	0,009	0,0045	0,034	0,0029	0,0023	<u>0,406</u>	0,023	-	<u>Thép so sánh</u>

Các phạm vi theo sáng chế được gạch chân

Bảng 2-1

Phôi tấm	Nhiệt độ để gia nhiệt phôi tấm (°C)	Nhiệt độ cán hoàn thiện (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình từ cuối cùng đến 400°C (°C/giây)	Tốc độ làm nguội từ 550°C đến 400°C (°C/giây)	Tốc độ làm nguội lớn nhất thấp hơn 400°C (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)	Lưu ý
A-1	1240	960	50	73	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
A-2	1230	940	50	73	<0,1	330	Thép theo sáng chế
A-3	1030	910	100	123	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
A-4	1240	820	70	93	35	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
A-5	1230	940	20	43	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
A-6	1220	960	70	93	120	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
A-7	1250	970	50	73	<0,1	480	Thép so sánh
A-8	1240	950	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
A-9	1240	950	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
B-1	1260	950	50	73	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
B-2	1240	940	60	83	<0,1	390	Thép theo sáng chế
B-3	1250	950	120	143	<0,1	220	Thép theo sáng chế
B-4	1060	900	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
B-5	1230	810	50	73	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
B-6	1260	960	15	38	35	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
B-7	1240	950	70	93	80	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
B-8	1230	950	70	93	<0,1	580	Thép so sánh
B-9	1260	980	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
B-10	1260	980	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
C-1	1250	970	60	83	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
D-1	1270	940	60	83	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
E-1	1260	1030	70	93	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
E-2	1250	1000	120	143	<0,1	340	Thép theo sáng chế
E-3	1250	1020	100	123	<0,1	240	Thép theo sáng chế
E-4	1060	910	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
E-5	1240	950	120	143	100	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
E-6	1260	1000	60	83	25	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
E-7	1260	1000	60	83	25	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
F-1	1240	920	60	83	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
G-1	1300	950	50	73	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
H-1	1250	930	60	83	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
I-1	1260	960	50	73	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
J-1	1250	950	80	103	35	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
J-2	1270	970	60	83	<0,1	390	Thép theo sáng chế
J-3	1230	960	120	143	<0,1	220	Thép theo sáng chế
J-4	1090	900	90	113	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
J-5	1240	830	50	73	35	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
J-6	1250	920	10	33	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
J-7	1230	950	70	93	90	Nhiệt độ trong phòng	Thép so sánh
J-8	1260	930	80	103	<0,1	620	Thép so sánh
J-9	1230	940	70	93	<0,1	350	Thép theo sáng chế
J-10	1230	940	70	93	<0,1	350	Thép theo sáng chế

Các phạm vi theo sáng chế được gạch chân

Bảng 2-2

Phôi tấm	Nhiệt độ để gia nhiệt phôi tấm (°C)	Nhiệt độ cán hoàn thiện (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình từ cuối cùng đến 400°C (°C/giây)	Tốc độ làm nguội từ 550°C đến 400°C (°C/giây)	Tốc độ làm nguội lớn nhất thấp hơn 400°C (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)	Lưu ý
K-1	1240	970	60	83	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
L-1	1230	950	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
M-1	1280	980	70	93	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
M-2	1230	940	80	103	<0,1	330	Thép theo sáng chế
M-3	1250	950	60	83	<0,1	160	Thép theo sáng chế
M-4	1100	910	90	113	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
M-5	1250	760	100	123	40	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
M-6	1260	940	20	43	30	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
M-7	1240	930	80	103	100	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
M-8	1230	960	70	93	<0,1	600	<u>Thép so sánh</u>
M-9	1240	950	80	103	<0,1	310	Thép theo sáng chế
M-10	1240	950	80	103	<0,1	310	Thép theo sáng chế
N-1	1250	980	80	103	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
O-1	1240	950	60	83	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
P-1	1240	960	60	83	25	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
Q-1	1240	940	60	83	40	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
R-1	1260	950	70	93	30	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
S-1	1230	970	80	103	20	Nhiệt độ trong phòng	Thép theo sáng chế
S-2	1220	980	60	83	<0,1	360	Thép theo sáng chế
S-3	1270	940	80	103	<0,1	200	Thép theo sáng chế
S-4	1060	950	70	93	30	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
S-5	1230	830	150	17	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
S-6	1250	960	10	33	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
S-7	1230	970	70	93	120	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
S-8	1280	960	80	103	<0,1	290	Thép theo sáng chế
S-9	1270	950	80	103	<0,1	290	Thép theo sáng chế
a-1	1210	920	60	83	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
b-1	1260	950	80	103	25	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
c-1	1240	940	60	83	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
d-1	1230	930	70	93	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
f-1	1250	1020	100	123	25	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
g-1	1240	940	60	83	20	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
h-1	1200	930	80	103	10	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
i-1	1230	950	70	93	40	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
j-1	1200	920	60	83	30	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>
k-1	1240	920	80	103	40	Nhiệt độ trong phòng	<u>Thép so sánh</u>

Các phạm vi theo sáng chế được gạch chân

Bảng 3-1

Thép	Loại thép	Mactensit tôi cứng	Bainit thấp	Phần còn lại	Các kết cấu khác	Mật độ lệch mạng $\times 10^{15}$ (1/mm ²)	Mật độ số của các cacbua góc sắt $\times 10^{16}$ (1/mm ²)	Cỡ hạt tinh thể hiệu quả (μM)	Tỷ lệ co	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	vTrs (°C)	BH (MPa)	Lưu ý
A-1	HR	100	0	0	-	3,2	3,4	7,8	1,2	782	1023	12	-60	170	Thép theo sáng chế
A-2	HR	71	29	0	-	2,3	6,3	8,3	1,3	934	1007	13	-70	110	Thép theo sáng chế
A-3	HR	69	0	31	Ferit	1,8	5,2	12,9	1,1	692	892	13	50	80	Thép so sánh
A-4	HR	100	0	0	-	10,8	4,8	5,5	2,3	957	1093	9	0	20	Thép so sánh
A-5	HR	66	0	34	Ferit	1,6	5,9	7,2	1,4	705	924	14	30	40	Thép so sánh
A-6	HR	0	0	100	Mactensit mới	12,8	0,4	7,9	1,0	746	1057	9	-20	20	Thép so sánh
A-7	HR	0	0	100	Bainit trên	0,8	0,8	9,2	0,8	576	824	15	-10	50	Thép so sánh
A-8	GI	100	0	0	-	3	4,5	7,7	1,0	852	998	14	-50	140	Thép theo sáng chế
A-9	GA	100	0	0	-	2,6	6,8	6,6	1,1	880	983	14	-50	120	Thép theo sáng chế
B-1	HR	98	0	2	Ferit	2,9	3,7	6,5	1,1	769	1027	12	-50	160	Thép theo sáng chế
B-2	HR	25	75	0	-	1,6	3,9	7,2	1,3	882	1019	13	-60	120	Thép theo sáng chế
B-3	HR	88	12	0	-	2,5	6,9	6,5	1,0	949	1004	13	-70	100	Thép theo sáng chế
B-4	HR	66	0	34	Ferit	1,8	4,2	12,7	1,2	672	867	14	30	90	Thép so sánh
B-5	HR	100	0	0	-	10,3	4,8	4,8	2,5	912	1055	10	-20	10	Thép so sánh
B-6	HR	27	0	73	Ferit	0,8	4,3	6,4	1,1	558	792	18	-30	40	Thép so sánh
B-7	HR	0	0	100	Mactensit mới	21,3	0,9	5,1	0,9	752	1093	9	0	25	Thép so sánh
B-8	HR	0	0	100	Ferit và peclit	0,02	0,0	7,4	1,2	736	842	15	-10	20	Thép so sánh
B-9	GI	100	0	0	-	2,3	3,5	6,7	1,0	899	1002	14	-50	120	Thép theo sáng chế
B-10	GA	100	0	0	-	1,9	3,4	6,7	1,1	948	984	14	-50	100	Thép theo sáng chế
C-1	HR	100	0	0	-	3,5	4,9	6,3	1,0	773	1035	13	-50	150	Thép theo sáng chế
D-1	HR	100	0	0	-	3,2	3,7	6,5	1,3	781	1042	12	-40	160	Thép theo sáng chế
E-1	HR	100	0	0	-	3,3	5,3	5,9	0,9	762	1026	12	-50	140	Thép theo sáng chế
E-2	HR	71	29	0	-	1,4	4,5	7,3	0,9	934	989	14	-50	110	Thép theo sáng chế
E-3	HR	91	9	0	-	2,5	7,6	6,8	1,0	862	1007	13	-60	100	Thép theo sáng chế
E-4	HR	80	0	20	Ferit	2,1	4,6	11,6	1,8	816	923	13	0	80	Thép so sánh
E-5	HR	0	0	100	Mactensit mới	12,6	0,8	6,7	1,2	843	1092	11	-20	50	Thép so sánh
E-6	GI	100	0	0	-	2,8	5,5	6,1	1,0	879	1021	13	-50	130	Thép theo sáng chế
E-7	GA	100	0	0	-	2,3	5,8	6,0	1,1	924	991	13	-50	110	Thép theo sáng chế
F-1	HR	100	0	0	-	4,2	5,1	5,7	1,3	749	1042	12	-40	150	Thép theo sáng chế
G-1	HR	100	0	0	-	3,8	4,0	7,0	1,1	761	1006	13	-50	160	Thép theo sáng chế
H-1	HR	100	0	0	-	3,5	4,5	7,9	1,5	782	1124	13	-50	150	Thép theo sáng chế
I-1	HR	100	0	0	-	2,9	5,3	7,1	1,0	781	1019	14	-40	130	Thép theo sáng chế

J-1	HR	100	0	0	-	4,2	4,2	4,2	6,0	1,1	746	1047	12	-60	150	Thép theo sáng chế
J-2	HR	53	47	0	-	2,1	3,4	3,4	7,5	0,9	873	1007	14	-50	110	Thép theo sáng chế
J-3	HR	91	9	0	-	3,1	5,9	5,9	6,4	1,1	972	1026	13	-70	90	Thép theo sáng chế
J-4	HR	67	0	33	Ferit	2,4	3,9	3,9	11,9	0,9	624	842	15	30	60	Thép so sánh
J-5	HR	100	0	0	-	11,3	4,3	4,3	3,8	2,1	924	1072	9	-30	20	Thép so sánh
J-6	HR	54	0	46	Ferit	1,8	5,0	5,0	5,3	1,7	643	879	17	-20	50	Thép so sánh
J-7	HR	0	0	100	Mactensit mới	17,4	0,7	0,7	6,5	1,0	806	1112	8	-10	25	Thép so sánh
J-8	HR	0	0	100	Ferit và peclit	0,02	0,0	0,0	8,1	1,4	887	935	14	-50	30	Thép so sánh
J-9	GI	70	30	0	-	1,9	5,1	5,1	6,8	0,9	910	1031	13	-50	120	Thép theo sáng chế
J-10	GA	70	30	0	-	1,4	4,6	4,6	6,9	0,9	948	1018	13	-50	100	Thép theo sáng chế

HR thể hiện tấm thép cán nóng, GI thể hiện tấm thép mạ nhúng nóng, GA thể hiện tấm thép ủ mạ. Các phạm vi theo sáng chế được gạch chân

Bảng 3-2

Thép	Loại thép	Mactensit tối cứng	Bainit thấp	Phần còn lại	Các kết cấu khác	Mật độ lệch mạng $\times 10^3$ ($1/\text{mm}^2$)	Mật độ số của các cacbua góc sắt $\times 10^{16}$ ($1/\text{mm}^2$)	Cỡ hạt tinh thể hiệu quả (μM)	Tỷ lệ co	YP (MPa)	TS (MPa)	EI (%)	vTrs ($^{\circ}\text{C}$)	BH (MPa)	Lưu ý
K-1	HR	100	0	0	-	3,4	6,3	6,6	0,8	802	1046	12	-50	100	Thép theo sáng chế
L-1	HR	100	0	0	-	4,2	7,4	7,9	1,1	945	1208	11	-40	130	Thép theo sáng chế
M-1	HR	100	0	0	-	3,8	8,2	6,3	0,8	947	1231	10	-40	120	Thép theo sáng chế
M-2	HR	67	33	0	-	1,9	10,4	7,2	1,1	1108	1193	11	-50	140	Thép theo sáng chế
M-3	HR	95	5	0	-	3,9	4,2	6,6	1,0	1078	1210	10	-60	100	Thép theo sáng chế
M-4	HR	72	0	28	Ferit	2,7	7,2	12,2	0,9	692	963	12	0	70	Thép so sánh
M-5	HR	100	0	0	-	11,9	8,4	3,2	4,3	997	1309	6	-20	20	Thép so sánh
M-6	HR	64	36	0	-	1,5	9,5	6,2	1,0	849	942	13	20	50	Thép so sánh
M-7	HR	0	0	100	Mactensit mới	19,6	0,9	6,3	1,4	962	1324	7	-20	20	Thép so sánh
M-8	HR	0	0	100	Ferit và peclit	0,02	0,0	8,4	1,2	948	973	15	-30	10	Thép so sánh
M-9	GI	72	28	0	-	2,5	8,3	7,0	1,0	1088	1172	13	-50	120	Thép theo sáng chế
M-10	GA	72	28	0	-	1,3	8,1	7,1	1,0	1128	1152	12	-50	100	Thép theo sáng chế
N-1	HR	100	0	0	-	4,1	10,4	8,2	1,1	960	1223	12	-60	120	Thép theo sáng chế
O-1	HR	100	0	0	-	4,0	8,9	8,3	1,2	951	1242	12	-60	110	Thép theo sáng chế
P-1	HR	100	0	0	-	3,8	10,6	6,4	1,1	976	1199	13	-60	140	Thép theo sáng chế
Q-1	HR	100	0	0	-	4,3	16,2	6,7	1,0	1076	1372	11	-60	130	Thép theo sáng chế
R-1	HR	100	0	0	-	4,5	17,5	8,9	1,2	1069	1381	11	-50	110	Thép theo sáng chế
S-1	HR	100	0	0	-	3,5	19,5	5,8	0,9	1168	1530	9	-40	100	Thép theo sáng chế
S-2	HR	33	67	0	-	1,7	22,6	6,9	1,0	1384	1473	10	-60	120	Thép theo sáng chế
S-3	HR	87	13	0	-	2,8	16,8	5,9	1,2	1286	1503	9	-50	110	Thép theo sáng chế
S-4	HR	73	0	27	Ferit	0,01	15,6	10,8	1,1	862	1372	8	-20	60	Thép so sánh
S-5	HR	100	0	0	-	10,3	16,7	3,9	2,9	1386	1603	4	-30	40	Thép so sánh
S-6	HR	83	0	17	Ferit	2,6	18,3	6,2	1,2	903	1402	8	-10	50	Thép so sánh
S-7	HR	0	0	100	Mactensit mới	18,3	0,3	6,5	1,1	1032	1638	6	-10	50	Thép so sánh
S-8	GI	68	32	0	-	3,4	13,9	6,5	1,0	1385	1492	10	-50	120	Thép theo sáng chế
S-9	GA	68	32	0	-	1,1	12,1	6,5	1,1	1421	1470	11	-50	100	Thép theo sáng chế
a-1	HR	0	0	100	Ferit	0,01	0,0	16,2	1,4	330	462	34	-80	0	Thép so sánh
b-1	HR	91	0	9	Mactensit mới	32,5	0,4	3,8	1,2	1826	2429	4	60	90	Thép so sánh
c-1	HR	84	0	16	Ferit	3,1	2,1	5,4	1,0	892	1086	14	0	120	Thép so sánh
d-1	HR	100	0	0	-	12,1	0,9	4,9	1,1	926	1118	11	-20	80	Thép so sánh
f-1	HR	100	0	0	-	2,9	3,9	6,4	0,8	826	1031	8	0	120	Thép so sánh
g-1	HR	100	0	0	-	4,2	4,2	5,9	1,2	842	1007	9	-10	130	Thép so sánh
h-1	HR	66	0	34	Ferit	2,3	3,7	5,0	1,2	501	832	15	-20	80	Thép so sánh

i-1	HR	100	0	0	-	3,1	4,0	6,2	1,1	792	1042	13	-30	210	<u>Thép so sánh</u>
j-1	HR	100	0	0	-	3,5	3,9	13,2	1,5	803	1038	12	-10	100	<u>Thép so sánh</u>
k-1	HR	100	0	0	-	4,2	4,5	3,2	1,4	783	1019	13	-10	120	<u>Thép so sánh</u>

HR thể hiện tấm thép cán nóng, GI thể hiện tấm thép mạ nhúng nóng, GA thể hiện tấm thép ủ mạ. Các phạm vi theo sáng chế được gạch chân

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, tấm thép này chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,2%,

Si: từ 0 đến 2,5%,

MN: từ 0 đến 4,0%,

Al: từ 0 đến 2,0%,

N: từ 0 đến 0,01%,

Cu: từ 0 đến 2,0%,

Ni: từ 0 đến 2,0%,

Mo: từ 0 đến 1,0%,

V: từ 0 đến 0,3%,

Cr: từ 0 đến 2,0%,

Mg: từ 0 đến 0,01%,

Ca: từ 0 đến 0,01%,

REM: từ 0 đến 0,1%,

B: từ 0 đến 0,01%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%,

O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%,

một nguyên tố hoặc cả hai nguyên tố Ti và Nb: với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,30% và

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

trong đó tấm thép này có kết cấu mà trong đó tổng phần thể tích của một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp là 90% hoặc cao hơn và mật độ lệch mạng trong mactensit và bainit thấp lớn hơn hoặc bằng 5×10^{13} ($1/m^2$) và nhỏ hơn hoặc bằng 1×10^{16} ($1/m^2$).

2. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp bao gồm các cacbua gốc sắt với lượng 1×10^6

(số/mm²) hoặc cao hơn.

3. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó một hoặc cả hai chất mactensit được ram lẫn bainit thấp có cỡ hạt tinh thể hữu hiệu nhỏ hơn hoặc bằng 10µm.

4. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó tấm thép này chứa một hoặc nhiều nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Cu: từ 0,01 đến 2,0%,

Ni: từ 0,01 đến 2,0%,

Mo: từ 0,01 đến 1,0%,

V: từ 0,01 đến 0,3% và

Cr: từ 0,01 đến 2,0%.

5. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó tấm thép này chứa một hoặc nhiều nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

Mg: từ 0,0005 đến 0,01%,

Ca: từ 0,0005 đến 0,01% và

REM: từ 0,0005 đến 0,1%.

6. Tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 1, trong đó tấm thép này chứa nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

B: từ 0,0002 đến 0,01%.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao với độ bền kéo lớn nhất là 980MPa hoặc cao hơn, phương pháp này bao gồm các bước:

gia nhiệt, tùy ý sau khi làm nguội, phơi tấm đúc tới nhiệt độ 1200°C hoặc cao hơn, phơi tấm đúc này chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,2%,

Si: từ 0 đến 2,5%,

MN: từ 0 đến 4,0%,

Al: từ 0 đến 2,0%,

N: từ 0 đến 0,01%,

Cu: từ 0 đến 2,0%,

Ni: từ 0 đến 2,0%,

Mo: từ 0 đến 1,0%,

V: từ 0 đến 0,3%,

Cr: từ 0 đến 2,0%,

Mg: từ 0 đến 0,01%,

Ca: từ 0 đến 0,01%,

REM: từ 0 đến 0,1%,

B: từ 0 đến 0,01%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,03%,

O: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%,

một nguyên tố hoặc cả hai nguyên tố Ti và Nb: với tổng lượng là 0,01 đến 0,30% và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi;

hoàn thành cán nóng ở nhiệt độ 900°C hoặc cao hơn;

làm nguội tấm thép này ở tốc độ làm nguội là 50°C/giây hoặc cao hơn trung bình từ nhiệt độ cán hoàn thiện đến 400°C;

thiết lập tốc độ làm nguội không cao hơn 50°C/giây ở nhiệt độ thấp hơn 400°C; và

cuộn tấm thép này.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có độ bền cao theo điểm 7, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước:

tiến hành xử lý mạ điện hoặc xử lý ủ mạ.