



(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)



1-0033482

(51)¹⁹ C22C 38/00; C22C 38/38; C23C 2/40; (13) B
C23C 2/06; C23C 2/28; C21D 9/46;
C22C 38/60

(21) 1-2019-05516

(22) 22/03/2018

(86) PCT/JP2018/011504 22/03/2018

(87) WO 2018/193787 25/10/2018

(30) 2017-084827 21/04/2017 JP

(45) 25/10/2022 415

(43) 30/01/2020 382A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) YOKOYAMA Takafumi (JP); YAMAGUCHI Yuji (JP); NAKATA Masahiro (JP);
HAYASHI Kunio (JP); UCHIDA Satoshi (JP); KAWANAKA Takuma (JP).

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

(54) TẤM THÉP MẠ KẼM NHÚNG NÓNG ĐỘ BỀN CAO VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao chứa các lượng định trước của C, Si, Mn, P, S, N, O, Al hòa tan, Ti, và B, 0,1 đến 1,5 % khối lượng của Cr + 2 × Mo, và phần còn lại ở dạng Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Cấu trúc thép bao gồm, theo % diện tích, ferit: 1 đến 50%, mactensit: 20 đến 70%, austenit dư: 0 đến 5%, peclit: 0 đến 5%, MA (Mactensit-Austenit) và cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn: 0 đến 5% tổng cộng, và phần còn lại ở dạng bainit. Mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit là 100 pcs/1000 μm² hoặc nhỏ hơn, và độ cứng trung bình của mactensit nằm trong khoảng từ 330 đến 500 Hv.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Xem xét đến nhu cầu ngày càng tăng gần đây để cải thiện hiệu suất nhiên liệu của xe để làm giảm khí nhà kính mà là biện pháp đối phó với sự nóng lên của trái đất, việc làm giảm trọng lượng thân xe trong khi đảm bảo độ an toàn va chạm, được mong đợi. Theo đó, việc sử dụng tấm thép độ bền cao đang ngày càng phổ biến. Đặc biệt là, có nhu cầu ngày càng tăng với tấm thép độ bền siêu cao với độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn trong thời gian này. Ngoài ra, tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao có bề mặt mạ kẽm nhúng nóng kỳ vọng ở một phần thân xe yêu cầu độ chống gỉ.

Các tấm thép đặc thù dùng cho xe được ép thành hình dạng của các thành phần tương ứng. Theo đó, độ giãn và khả năng mở rộng lỗ được yêu cầu với các tấm thép được sử dụng để tạo hình bằng cách dập. Tuy nhiên, việc gia tăng độ bền của các tấm thép thường dẫn đến việc suy giảm độ giãn và khả năng mở rộng lỗ.

Để giải quyết vấn đề nêu trên, một số biện pháp đã được đề xuất. Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ rằng cả độ bền và độ giãn của tấm thép được tăng cường bằng cách tạo ra tấm thép có cấu trúc kim loại hỗn hợp bao gồm ferit (cấu trúc mềm) và mactensit (cấu trúc cứng). Tuy nhiên, cấu trúc hỗn hợp được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 là sự kết hợp của các cấu trúc mềm và cứng. Cấu trúc hỗn hợp được tạo ra từ các cấu trúc có độ chênh lệch lớn về độ cứng là kém về khả năng mở rộng lỗ.

Tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép được tạo ra từ cấu trúc kim loại đơn

của bainit bên trên hoặc bainit bên dưới, mà có độ cứng giữa độ cứng của ferit và độ cứng của mactensit, do đó làm giảm độ chênh lệch về độ cứng giữa các cấu trúc để cải thiện độ bền và khả năng mở rộng lỗ. Tuy nhiên, bainit bên trên và bên dưới được tạo ra từ ferit bainit nhiều biến vị và cementit cứng, và do đó kém về độ giãn.

Các tài liệu sáng chế 3 đến 5 mỗi tài liệu bộc lộ tấm thép độ bền cao có độ giãn và khả năng mở rộng lỗ được cải thiện nhờ độ dẻo gây ra bởi sự biến đổi (TRansformation-Induced Plasticity, TRIP) của austenit dư. Tuy nhiên, lượng cacbon trong thép phải được gia tăng để tạo ra austenit dư, dẫn đến khả năng hàn bị giảm xuống.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

- | | |
|---------------------|--------------------------------------|
| Tài liệu sáng chế 1 | JP 7-11383 A |
| Tài liệu sáng chế 2 | Bằng sáng chế Nhật Bản số 2616350 |
| Tài liệu sáng chế 3 | Công bố đơn quốc tế số WO 2013/51238 |
| Tài liệu sáng chế 4 | JP 2006-104532 A |
| Tài liệu sáng chế 5 | JP 2007-262494 A. |

Như được mô tả ở trên, các nỗ lực khác nhau được thực hiện để cải thiện độ giãn, khả năng mở rộng lỗ, và khả năng uốn của tấm thép độ bền cao thông qua nhiều dạng kỹ thuật không đủ để cải thiện đồng thời các đặc tính nêu trên mà không làm giảm hiệu suất thực tế trong các khía cạnh khác.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Sáng chế đã được tạo ra trên cơ sở tình trạng hiện tại nêu trên. Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao tuyệt vời về độ cân bằng giữa độ giãn, khả năng mở rộng lỗ, và khả năng uốn và có độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn, và phương pháp sản xuất tấm thép.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Các khía cạnh của sáng chế sẽ được mô tả làm ví dụ như sau.

(1) Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng:

C: 0,050% đến 0,130%;

Si: 0,010% đến 2,00%;

Mn: 1,50% đến 3,50%;

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn;

S: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

O: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

Al hòa tan: 0,001% đến 1,0%;

Ti: 0,005% đến 0,20%;

B: 0,0005% đến 0,010%;

Cr + 2 × Mo: 0,10 đến 1,50%; và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó

cấu trúc thép ở phần trong khoảng chiều dày từ một phần tám đến ba phần tám xung quanh một phần tư chiều dày của tấm thép từ bề mặt của tấm thép bao gồm, theo % diện tích:

ferit: 1 đến 50%;

mactensit: 20 đến 70%;

austenit dư: 0 đến 5%;

peclit: 0 đến 5%;

MA và cementit có cỡ hạt tổng cộng 0,2 μm hoặc lớn hơn: 0 đến 5%; và

phần còn lại ở dạng bainit,

mật độ số của MA hoặc cementit mà có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách

ly trong các hạt ferit hoặc bainit là 100 pcs/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn, và độ cứng trung bình của mactensit là nằm trong khoảng từ 330 Hv đến 500 Hv.

(2) Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo khía cạnh nêu trên của sáng chế, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

V: 0,001% đến 1,00%; và

Nb: 0,001% đến 0,200%.

(3) Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo khía cạnh nêu trên của sáng chế, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

Ni: 0,001% đến 1,00%;

Cu: 0,001% đến 1,00%;

Co: 0,001% đến 1,00%;

W: 0,001% đến 1,00%;

Sn: 0,001% đến 1,00%; và

Sb: 0,001% đến 0,50%.

(4) Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo khía cạnh nêu trên của sáng chế, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

Ca: 0,0001% đến 0,0100%;

Mg: 0,0001% đến 0,0100%;

Ce: 0,0001% đến 0,0100%;

Zr: 0,0001% đến 0,0100%;

La: 0,0001% đến 0,0100%;

Hf: 0,0001% đến 0,0100%;

Bi: 0,0001% đến 0,0100%; và

hợp kim đất hiếm (misch metal): 0,0001% đến 0,0100%.

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo khía cạnh khác của sáng chế bao gồm các bước theo trình tự như sau: A) bước cán nóng; B) bước cán nguội; và C) bước mạ kẽm nhúng nóng, trong đó

trong bước cán nóng (A), (A1) nhiệt độ gia nhiệt tấm phôi là 1150 độ C hoặc lớn hơn,

(A2) việc giảm cán tổng thể trong vùng nhiệt độ từ 1150 đến 1050 độ C là 50% hoặc lớn hơn,

(A3) việc giảm cán tổng thể trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ của tấm phôi nằm bên dưới 1050 độ C và trước đường dẫn cuối cùng của bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 66 đến 95%,

(A4) việc giảm cán ở đường dẫn cuối cùng của bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 10% đến 30%, và nhiệt độ ở đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 850 độ C đến 1000 độ C, và

(A5) nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 450 đến 700 độ C;

trong bước cán nguội (B), việc giảm cán là nằm trong khoảng từ 20% đến 80%; và

trong bước mạ kẽm nhúng nóng (C), (C-1) nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất nằm trong vùng nhiệt độ từ $Ac_3 - 50$ độ C đến $Ac_3 + 50$ độ C, và thời gian duy trì trong vùng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1 giây đến 500 giây,

(C-2) tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 600 độ C đến 720 độ C là 5 độ C/giây hoặc lớn hơn,

(C-3) thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C nằm trong khoảng từ 5 đến 500 giây,

(C-4) thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C nằm trong khoảng từ 5 đến 60 giây, và

(C-5) bước làm nguội đến nhiệt độ phòng sau bước mạ kẽm và tạo hợp

kim được thực hiện sao cho giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) bên dưới vượt quá 30000 và nhỏ hơn 150000 trong vùng nhiệt độ từ M_s đến 150 độ C,

Công thức 1

$$\sum_{T=M_s}^{150} f_M(T) \cdot TP(T) \cdot \dots \quad (1)$$

trong đó:

$$f_M(T) = 1 - \exp\{-0,011 \times (M_s - T)\},$$

$$TP(T) = (T + 273) \times \{\text{Log}_{10}(\Delta t/3600) + 6\},$$

M_s thể hiện nhiệt độ bắt đầu biến đổi mactensit (độ C),

T thể hiện nhiệt độ (độ C), và

Δt (giây) thể hiện thời gian được yêu cầu để làm nguội từ T (độ C) đến $T-1$ (độ C).

Các khía cạnh nêu trên của sáng chế đề xuất tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao tuyệt vời về độ cân bằng giữa độ giãn, khả năng mở rộng lỗ, và khả năng uốn và có độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn, do đó thích hợp dùng làm tấm thép cho các xe.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế đề cập đến tấm thép có lớp mạ kẽm nhúng nóng trên một hoặc cả hai mặt của nó, mà không là tấm thép để mạ kẽm nhúng nóng trước khi lớp mạ kẽm được tạo ra. Các thành phần của sáng chế sẽ được mô tả bên dưới.

Thành phần hóa học

Đầu tiên, tại sao thành phần hóa học của tấm thép độ bền cao (đôi khi được gọi đơn giản là “tấm thép” dưới đây) của sáng chế được xác định như được mô tả ở trên sẽ được mô tả. Cần lưu ý là tất cả “%” trong việc xác định thành phần hóa học ở đây thể hiện “% khối lượng” trừ khi được lưu ý khác.

C: 0,050% đến 0,130%

Hàm lượng của C (cacbon), mà là nguyên tố cần thiết để làm tăng độ bền

của tấm thép, là 0,050% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, việc bổ sung C vượt quá 0,130% làm giảm khả năng hàn. Theo đó, hàm lượng của C nằm trong khoảng từ 0,050% đến 0,130%. Hàm lượng của C tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,060% đến 0,100%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,065 đến 0,090%.

Si: 0,010% đến 2,00%

Hàm lượng của Si (silic), mà là nguyên tố làm tăng bền dung dịch rắn và hiệu quả trong việc làm tăng độ bền của tấm thép, là 0,010% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, việc bổ sung Si vượt quá 2,00% làm giảm tính thấm ướt của tấm thép bởi kẽm trong mạ kẽm nhúng nóng. Ngoài ra, Si được bổ sung vượt quá 2,00% làm tăng độ chống hóa mềm khi ram của mactensit và do đó, làm tăng độ cứng của mactensit. Theo đó, hàm lượng của Si nằm trong khoảng từ 0,010% đến 2,00%, tốt hơn là từ 0,10% đến 1,00%, tốt hơn nữa là từ 0,30% đến 0,70%.

[Mn:1,50%~3,50%]

Hàm lượng của Mn (mangan), mà là nguyên tố giữ ổn định austenit mạnh và hiệu quả trong việc làm tăng độ bền của tấm thép, là 1,50% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, việc bổ sung Mn vượt quá 3,50% làm tăng tổng số phần của cementit và MA mỗi phần có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn, dẫn đến làm giảm khả năng mở rộng lỗ. Theo đó, hàm lượng của Mn nằm trong khoảng từ 1,50% đến 3,50%, tốt hơn là từ 2,00% đến 3,00%, tốt hơn nữa là từ 2,20% đến 2,80%.

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn

P (phospho), mà là nguyên tố làm tăng bền dung dịch rắn được chứa trong thép làm các tạp chất không thể tránh khỏi và hiệu quả trong việc làm tăng độ bền của tấm thép, làm giảm khả năng hàn và độ cứng khi được thêm quá mức. Theo đó, hàm lượng của P giới hạn trong khoảng 0,10% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,05% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, việc giảm quá mức trong hàm lượng của P yêu cầu chi phí khử phospho cao, để giới hạn dưới của hàm lượng của P tốt hơn là 0,001% xét về hiệu quả kinh tế.

S: 0,010% hoặc nhỏ hơn

S (lưu huỳnh), mà được chứa trong thép làm các tạp chất không thể tránh khỏi, tạo thành MnS trong thép để làm giảm độ cứng và khả năng mở rộng lỗ của thép. Theo đó, hàm lượng của S giới hạn ở 0,010% hoặc nhỏ hơn, trong đó sự suy giảm độ cứng và khả năng mở rộng lỗ là không quá nổi bật. Hàm lượng của S tốt hơn là 0,006% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,003% hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, việc giảm quá mức hàm lượng của S yêu cầu chi phí khử lưu huỳnh cao, để giới hạn dưới của hàm lượng S tốt hơn là 0,0005% xét về hiệu quả kinh tế.

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn

N (nitơ), mà được chứa trong thép làm các tạp chất không thể tránh khỏi, tạo thành nitrua thô trong thép ở hàm lượng vượt quá 0,010% để làm giảm khả năng uốn và khả năng mở rộng lỗ của thép. Theo đó, hàm lượng của N giới hạn ở 0,010% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng của N tốt hơn là 0,006% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,003% hoặc nhỏ hơn. Tuy nhiên, việc giảm quá mức hàm lượng của N yêu cầu chi phí khử nitơ cao, để giới hạn dưới của hàm lượng N tốt hơn là 0,0005% xét về hiệu quả kinh tế.

O: 0,010% hoặc nhỏ hơn

O (oxy), mà được chứa trong thép làm các tạp chất không thể tránh khỏi, tạo thành oxit thô trong thép ở hàm lượng vượt quá 0,010% để làm giảm khả năng uốn và khả năng mở rộng lỗ của thép. Theo đó, hàm lượng của O giới hạn ở 0,010% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng của O tốt hơn là 0,006% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,003% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng của O tốt hơn là 0,0001% xét về chi phí sản xuất.

Al hòa tan: 0,001% đến 1,0%

Ít nhất 0,001%, tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn Al (nhôm) liên quan đến Al hòa tan được bổ sung để khử oxy của thép. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức Al không chỉ dẫn đến bão hòa hiệu quả và gia tăng chi phí vô ích, mà còn làm tăng nhiệt độ biến đổi của thép để làm tăng tải ở thời điểm cán nóng. Theo đó, hàm lượng của Al hòa tan tối đa là 1,0%, tốt hơn là 0,50% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn

nữa là 0,20% hoặc nhỏ hơn. Cần lưu ý là thuật ngữ “Al hòa tan” đề cập đến hàm lượng của Al được hòa tan ở dạng rắn trong thép làm thành phần hợp kim, mà không bao gồm Al kết tủa hoặc phân tán ở dạng hợp chất nhôm (ví dụ, nhôm nitrua).

Ti: 0,005% đến 0,20%

Ti (titan) tạo thành TiN để cố định N trong thép, nhờ đó ngăn sự tạo thành BN mà làm giảm hiệu suất tôi. Ngoài ra, Ti làm giảm cỡ hạt của austenit trong quá trình gia nhiệt để cải thiện độ cứng. Theo đó, ít nhất 0,005%, tốt hơn là 0,010% Ti được bổ sung. Trong khi đó, việc bổ sung lượng quá mức của Ti làm giảm độ dẻo của tấm thép. Theo đó, hàm lượng của Ti giới hạn ở tối đa 0,20%, tốt hơn là 0,050% hoặc nhỏ hơn.

B: 0,0005% đến 0,010%

B (boron), mà được tách ra ở các biên austenit hoặc các biên ferit/austenit trong suốt quy trình gia nhiệt của tấm thép để giữ ổn định các biên và làm tăng cường hiệu suất tôi của thép, là nguyên tố cần thiết cho sáng chế để đảm bảo lượng mactensit mong muốn nhờ việc tôi. Để đạt được đầy đủ hiệu quả nêu trên, B cần thiết được thêm vào ở hàm lượng 0,0005% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,0010% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, việc bổ sung quá mức B dẫn đến sự tạo thành borua và, do đó, làm giảm hiệu suất tôi của thép. Theo đó, hàm lượng của B giới hạn ở tối đa 0,010%, tốt hơn là 0,0060% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn.

$\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$: 0,10 đến 1,50%

Cr và Mo, cả hai là các nguyên tố mà ngăn sự biến đổi bainit, được bổ sung trong sáng chế sao cho $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ là 0,10% hoặc lớn hơn. khi $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ nằm bên dưới 0,10%, sự biến đổi bainit tiến triển quá mức để làm giảm lượng mactensit được ram. Hơn nữa, mật độ số của mỗi MA (cấu trúc hai pha của mactensit và austenit) và cementit, có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly trong bainit, gia tăng. Trong khi đó, $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ lớn quá mức dẫn đến

suy giảm khả năng hàn và/hoặc khả năng tạo hình nguội. Theo đó, giới hạn trên của $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ là 1,50%. Hàm lượng của $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,20% đến 1,0%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,30 đến 0,70%. Cần lưu ý là, trong khi $\text{Cr} + 2 \times \text{Mo}$ cần được giữ trong khoảng nêu trên, hàm lượng của mỗi trong số Cr và Mo tốt hơn là có thể được lựa chọn như được mong muốn từ Cr nằm trong khoảng từ 0,001% đến 1,00%, và Mo nằm trong khoảng từ 0,001% đến 1,00% xét về hiệu quả của Cr và/hoặc Mo đối với việc gia tăng độ bền của tấm thép, chi phí và tương tự.

Tấm thép cán nguội độ bền cao theo sáng chế có thành phần hóa học nêu trên và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Tuy nhiên, các nguyên tố sau đây có thể được bao gồm khi cần thiết thay cho một phần của Fe.

Một hoặc hai hoặc nhiều hơn trong số V: 0,001% đến 1,00% và Nb: 0,001% đến 0,200%

V (vanadi) và Nb (niobi), mà là các nguyên tố tạo thành cacbua và hiệu quả trong việc làm tăng độ bền của tấm thép, có thể được bổ sung khi cần thiết. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức V và Nb dẫn đến làm giảm hiệu quả và, do đó, gia tăng các chi phí vô ích. Theo đó, hàm lượng của V và Nb nằm trong khoảng từ 0,001% đến 1,00% và nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,200%, một cách tương ứng. Hàm lượng của V tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,01% đến 0,200%. Hàm lượng của Nb tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,100%.

Một hoặc hai hoặc nhiều hơn trong số Ni: 0,01% đến 1,0%, Cu: 0,001% đến 1,0%, Co: 0,001% đến 1,0%, W: 0,001% đến 1,0%, Sn: 0,01% đến 1,0%, và Sb: 0,001% đến 0,50%

Ni (niken), Cu (đồng), Co (coban), W (vonfram), Sn (thiếc), và Sb (antimon), tất cả đều là các nguyên tố có hiệu quả để làm tăng độ bền của tấm thép, có thể được bổ sung khi cần thiết. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức các nguyên tố này dẫn đến làm giảm hiệu quả và, do đó, gia tăng các chi phí vô ích.

Theo đó, hàm lượng của các nguyên tố này là Ni: 0,001% đến 1,0%, Cu: 0,001% đến 1,0%, Co: 0,001% đến 1,0%, W: 0,001% đến 1,0%, Sn: 0,001% đến 1,0%, và Sb: 0,001 đến 0,50%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng là: Ni: 0,1% đến 0,8%, Cu: 0,1% đến 0,5%, Co: 0,1% đến 0,5%, W: 0,1% đến 0,3%, Sn: 0,05% đến 0,2%, và Sb: 0,01 đến 0,10%.

Một hoặc hai hoặc nhiều hơn trong số các nguyên tố được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,0001% đến 0,0100%, Mg: 0,0001% đến 0,0100%, Ce: 0,0001% đến 0,0100%, Zr: 0,0001% đến 0,0100%, La: 0,0001% đến 0,0100%, Hf: 0,0001% đến 0,0100%, Bi: 0,0001% đến 0,0100%, và hợp kim đất hiếm (misch metal): 0,0001% đến 0,0100%

Ca (canxi), Mg (magie), Ce (ceri), Zr (ziriconi), La (lantan), Hf (hafini), và hợp kim đất hiếm (misch metal), mà là các nguyên tố tạo ra việc giảm kích thước và sự phân tán của chất lẫn trong thép, và Bi (bitmut), mà là nguyên tố làm giảm sự vi phân ly của nguyên tố hợp kim thay thế (ví dụ, Mn và Si) trong thép, góp phần cải thiện khả năng gia công của tấm thép, và do đó tốt hơn là được bổ sung khi cần thiết. Để đạt được hiệu quả này, cần thiết bổ sung 0,0001% hoặc lớn hơn của mỗi trong số các nguyên tố này. Trong khi đó, việc bổ sung quá mức các nguyên tố này làm giảm độ dẻo. Theo đó, hàm lượng của mỗi trong số các nguyên tố này giới hạn ở tối đa 0,0100%. Cần lưu ý là hợp kim đất hiếm (misch metal) đề cập đến hỗn hợp các kim loại đất hiếm có thành phần chính là các kim loại họ lantan.

Tấm thép cán nguội độ bền cao theo sáng chế bao gồm các nguyên tố được mô tả ở trên và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Tuy nhiên, các nguyên tố khác các nguyên tố được mô tả ở trên có thể được bao gồm miễn là hiệu quả của sáng chế không bị ảnh hưởng.

“Cấu trúc thép”

Tiếp theo, lý do xác định cấu trúc thép của tấm thép độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả. Cần lưu ý là cấu trúc thép có các đặc tính được xác định ở đây

là cấu trúc thép có khoảng độ dày là một phần tám đến ba phần tám chiều dày của tấm thép từ bề mặt của tấm thép (nghĩa là khoảng độ dày xung quanh một phần tư độ dày của tấm thép từ bề mặt). “%” để xác định cấu trúc thép ở đây tất cả đều là “% diện tích” trừ khi được lưu ý khác.

Ferit: 1 đến 50%

Ferit, mà là cấu trúc tuyệt vời về độ dẻo, cải thiện độ giãn của tấm thép. Mặt khác, việc bổ sung quá mức ferit, mà là mềm tự nhiên, làm cho khó đảm bảo độ bền mong muốn. Theo đó, hàm lượng của ferit nằm trong khoảng từ 1% đến 50%, tốt hơn là từ 10% đến 40%, tốt hơn nữa là từ 15% đến 35%.

Mactensit: 20 đến 70%

Tấm thép theo sáng chế chứa 20% đến 70% mactensit. Khi mactensit là 20% hoặc nhỏ hơn, độ bền của tấm thép không thể được đảm bảo. Trong khi đó, nhiều hơn 70% mactensit làm giảm độ giãn của tấm thép. Hàm lượng của mactensit tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 30% đến 60%.

Cần lưu ý là “mactensit” ở đây bao gồm cả mactensit tươi (mactensit không được ram) và mactensit được ram. Tuy nhiên, cần lưu ý là mactensit tự động được ram sau khi xử lý mạ kẽm và tạo hợp kim trong sáng chế, như được mô tả bên dưới đây. Theo đó, hầu hết trong số mactensit theo sáng chế là mactensit ảo mà đã được ram ít nhất đến một số mức độ.

Tuy nhiên, mactensit được mô tả bên dưới trong cấu trúc hai pha của mactensit và austenit (phân tử Mactensit-Austenit) được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit không được bao gồm trong “mactensit.”

Austenit dư: 0 đến 5%

Austenit dư, mà biến đổi thành mactensit cứng hơn do độ dẻo gây ra sự biến đổi trong khi tấm thép bị biến dạng, làm giảm khả năng mở rộng lỗ của tấm thép. Theo đó, hàm lượng của austenit dư nằm trong khoảng từ 0 đến 5%, tốt hơn là từ 0 đến 3%.

Peclit: 0 đến 5%

Peclit, mà là cấu trúc kim loại cứng bao gồm cementit thô, tạo thành nguồn gốc của các lỗ rỗng trong suốt quá trình mở rộng lỗ để làm giảm khả năng mở rộng lỗ của tấm thép. Theo đó, hàm lượng của peclit được thiết đặt nằm trong khoảng từ 0 đến 3%.

MA và Cementit có cỡ hạt tổng cộng 0,2 μm hoặc lớn hơn: 0 đến 5%

Cementit và MA (phân tử Mactensit-Austenit), mà có cấu trúc thật sự cứng, tạo thành nguồn gốc của sự gãy nứt khi tấm thép được gia công và do đó có hại cho khả năng mở rộng lỗ. Theo đó, hàm lượng của cementit và MA tốt hơn là càng nhỏ càng tốt. Hơn nữa, cementit và MA có thể tạo thành nguồn gốc của sự gãy nứt trong quá trình gia công tấm thép với việc gia tăng cỡ hạt của cementit và MA. Với cỡ hạt nhỏ (cụ thể là, nhỏ hơn 0,2 μm), cementit và MA không gây ra hiệu quả quan trọng. Theo đó, MA và cementit có cỡ hạt tổng cộng 0,2 μm hoặc lớn hơn được thiết lập nằm trong khoảng từ 0 đến 5%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0 đến 3%. Mặt khác, giới hạn dưới không bị giới hạn. Tuy nhiên, tổng của MA và cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là 1% hoặc lớn hơn để cải thiện độ bền.

Phần còn lại của cấu trúc khác với phần nêu trên là bainit. Bainit làm phần còn lại có thể là bainit bên trên, bainit bên dưới, hoặc cấu trúc hai pha của bainit bên trên và bên dưới.

Mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit: 100 pcs/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn

MA và cementit, là các cấu trúc thật sự cứng, tạo thành nguồn gốc của sự nứt gãy khi tấm thép được gia công. Việc giới hạn mật độ số trên mỗi đơn vị diện tích ngoài tỷ lệ phần trăm diện tích dẫn đến làm giảm nguồn gốc của sự gãy nứt, sao cho khả năng mở rộng lỗ là có thể cải thiện. Theo sáng chế, mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit được thiết đặt ở 100 pcs/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 50/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 20/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn.

Cụm từ “được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit” nghĩa là MA hoặc cementit không tiếp xúc với biên hạt tinh thể mà có độ lệch hướng là 15 độ hoặc lớn hơn. Theo đó, MA hoặc cementit chỉ tiếp xúc biên hạt có độ lệch hướng là nhỏ hơn 15 độ (ví dụ, biên của cấu trúc con như thanh bainit) và không tiếp xúc với biên hạt tinh thể có độ lệch hướng là 15 độ hoặc lớn hơn sẽ được đề cập tới là “được cách ly trong các hạt.”

Độ cứng trung bình của mactensit: 330 Hv đến 500 Hv

Để cải thiện khả năng mở rộng lỗ, việc làm giảm độ chênh lệch về độ cứng giữa mactensit (cấu trúc cứng) và ferit/bainit (cấu trúc mềm) là quan trọng. Theo đó, độ cứng trung bình của mactensit theo sáng chế được thiết đặt là 500 Hv hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 450 Hv hoặc nhỏ hơn. Trong khi đó, khi độ cứng của mactensit là quá thấp, độ bền đủ (nghĩa là, độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn) không thể đạt được. Theo đó, độ cứng trung bình của mactensit là 330 Hv hoặc lớn hơn.

Độ cứng trung bình của mactensit (độ cứng trung bình mactensit) được đo bằng cách đo độ cứng của mactensit ở phần của một phần tư chiều dày của tấm thép sử dụng máy thử độ cứng Vickers. Tải được áp dụng bởi máy thử độ cứng Vickers được xác định sao cho dấu vết được tạo ra trong đo lường độ cứng Vickers bị giới hạn ở hạt tinh thể của mactensit cần được đo. Các độ cứng của năm mươi hạt mactensit được đo và được lấy trung bình để tạo ra độ cứng trung bình của mactensit.

% diện tích của cấu trúc thép theo sáng chế được tính toán như sau.

% diện tích của ferit, mactensit, peclit, và MA và cementit có cỡ hạt 0,2 μ m hoặc lớn hơn được tính toán bằng cách: cắt tấm thép theo chiều cán để bộc lộ ra mặt cắt; hoàn thành đánh bóng mặt cắt; ứng dụng dung dịch Nital lên mặt cắt để làm lộ ra cấu trúc thép; và chụp ảnh điện tử thứ cấp sử dụng kính hiển vi điện tử quét. Các vùng, trong đó các cấu trúc con có mặt trong hạt và các cacbua được kết tủa với nhiều biến thể, được xác định là mactensit. Các vùng trong đó

cementit được kết tủa ở dạng phiến được xác định là peclit. Các vùng có độ chói thấp và không có cấu trúc con đáng chú ý được xác định là ferit. Các vùng có độ chói cao và không có các cấu trúc con xuất hiện bởi việc khắc được xác định là MA hoặc cementit. % diện tích của mỗi trong số các vùng được tính toán thông qua phương pháp đếm điểm để thu được % diện tích của mactensit và peclit. Tổng số các mạng được đo thông qua phương pháp đếm điểm tốt hơn là 1000 hoặc lớn hơn trên $1000 \mu\text{m}^2$ diện tích trường.

% diện tích của austenit dư được đo bởi sự nhiễu xạ tia X. Bề mặt ở phần có độ dày một phần tám đến ba phần tám quanh phần có độ dày một phần tư từ bề mặt của tấm thép, mà song song với bề mặt tấm, được hoàn tất đánh bóng gương và trải qua sự nhiễu xạ tia X để đo lường tỷ lệ diện tích của thép FCC mà được xác định là % diện tích của austenit dư.

Mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt $0,2 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn và được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit được đo lường như sau. Ban đầu, tấm thép được cắt theo chiều cán để bộc lộ ra mặt cắt, và được đánh bóng cơ học và điện tử để chuẩn bị mẫu. Trên mẫu, các biên hạt có độ lệch hướng tinh thể là 15° hoặc lớn hơn được đưa ra bởi EBSP-OIM (Electron Back Scatter Diffraction Pattern-Orientation Image Microscopy). Về cơ bản, cùng mẫu được khắc nhờ dung dịch Nital và ảnh điện tử thứ cấp được chụp cho cùng vùng như vùng được quan sát bởi EBSD sử dụng kính hiển vi điện tử quét. Các vùng có độ chói cao và không có các cấu trúc con được làm hiện ra nhờ việc khắc trong ảnh điện tử thứ cấp được xác định là MA hoặc cementit. Sau đó, ảnh điện tử thứ cấp và bản đồ biên hạt EBSD được phóng to để đếm số lượng MA và cementit không tiếp xúc với các biên hạt và có cỡ hạt là $0,2 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn, mà được chia cho diện tích trường đo lường để tính toán mật độ số.

Trong vật liệu kim loại, các đặc tính cơ học như độ bền và độ dẻo được cải thiện nhờ việc làm giảm cỡ hạt. Theo đó, cỡ hạt tốt hơn là được thiết đặt ở hoặc dưới kích cỡ định trước.

Cỡ hạt hiệu quả: tốt hơn là 5 μm hoặc nhỏ hơn

Để tăng cường hơn nữa khả năng mở rộng lỗ, cỡ hạt hiệu quả tốt hơn là được thiết lập ở 5 μm hoặc nhỏ hơn. Cần lưu ý là cỡ hạt hiệu quả đề cập đến cỡ hạt là vùng được bao quanh bởi các biên hạt có độ lệch hướng là 15 độ hoặc lớn hơn, mà được đo như được mô tả bên dưới.

Cỡ hạt hiệu quả trung bình được đo bởi phương pháp EBSP-OIM. Biên hạt tinh thể của thép được xác định là biên hạt góc cao có ngưỡng là 15 độ, mà được công nhận chung là biên hạt tinh thể. Các hạt được nhìn thấy trong ảnh trong đó các biên hạt có độ lệch hướng là 15 độ hoặc lớn hơn được sắp xếp để đo lường cỡ hạt trung bình của các hạt.

“Các đặc tính cơ học”

Độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn

Độ bền kéo của tấm thép độ bền cao theo sáng chế là 980 MPa hoặc lớn hơn.

Tiếp theo, tấm thép mạ kẽm nhúng nóng và phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa theo sáng chế sẽ được mô tả.

“Các điều kiện sản xuất trong bước cán nóng”

Gia nhiệt tấm phôi đến 1150 độ C hoặc lớn hơn

Để đủ làm nóng chảy borua và cacbua, nhiệt độ gia nhiệt tấm phôi được xác định như được mô tả ở trên. Cần lưu ý là, mặc dù tấm phôi thép được sử dụng tốt hơn là được đúc bằng quy trình đúc liên tục xét về hiệu quả sản xuất, tấm phôi có thể còn được sản xuất bằng phương pháp tạo thổi hoặc phương pháp đúc tấm phôi mỏng. Ngoài ra, tấm phôi được đúc có thể được làm nguội một lần đến nhiệt độ phòng hoặc có thể được phân phối trực tiếp đến lò gia nhiệt mà không có bước làm nguội đến nhiệt độ phòng.

Ở bước cán nóng, việc giảm cán tổng thể ở 1150 đến 1050 độ C: 50% hoặc lớn hơn và việc giảm cán tổng thể sau thời điểm nhỏ hơn 1050 độ C và trước đường

dẫn cuối cùng của bước cán cuối cùng: 66 đến 95%

Việc giảm cán và nhiệt độ cán ở bước cán nóng bao gồm bước cán thô và bước cán kết thúc tốt hơn là được thiết lập như được mô tả ở trên.

Khi việc giảm cán tổng thể trong vùng nhiệt độ từ 1050 độ C đến 1150 độ C là nhỏ hơn 50%, cấu trúc của tấm thép được cán nóng có thể trở nên không đều do sự kết tinh không đủ trong quá trình cán nóng. Kết quả là, vùng phân ly Mn có thể trở nên không đều, làm gia tăng phần MA trong cấu trúc cuối cùng.

Khi việc giảm cán tổng thể trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ tấm nằm bên dưới 1050 độ C và trước khi đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc vượt quá 95%, tính dị hướng trong tấm thép cuối cùng có thể trở nên nổi bật do sự phát triển của kết cấu tổng thể trong tấm thép cán nóng. Trong khi đó, khi việc giảm cán tổng thể trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ tấm nằm bên dưới 1050 độ C và trước khi đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc nằm bên dưới 66%, cấu trúc của tấm thép được cán nóng có thể được làm thành thô, dẫn đến việc làm thô cấu trúc của tấm thép cuối cùng và làm giảm khả năng gia công của tấm thép cuối cùng.

Việc giảm cán tổng thể 50% hoặc lớn hơn trong vùng nhiệt độ từ 1150 đến 1050 độ C có thể đạt được chỉ trong bước cán thô, hoặc có thể đạt được thông qua cả bước cán thô và bước cán kết thúc. Việc giảm cán tổng thể trong vùng nhiệt độ từ 1150 đến 1050 độ C tốt hơn nữa là 60% hoặc lớn hơn. Việc giảm cán tổng thể trong khoảng từ 66 đến 95% trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ tấm nằm bên dưới 1050 độ C và trước đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc cũng có thể đạt được chỉ nhờ bước cán kết thúc khi thời điểm mà ở đó nhiệt độ nằm bên dưới 1050 độ C là ở bước cán kết thúc, hoặc, khi thời điểm mà ở đó nhiệt độ nằm bên dưới 1050 độ C là ở bước cán thô, việc giảm cán tổng thể trong khoảng từ 66 đến 95% có thể đạt được thông qua cả bước cán thô và bước cán kết thúc. Việc giảm cán tổng thể trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ tấm nằm bên dưới 1050 độ C và trước đường dẫn cuối

cùng ở bước cán kết thúc tốt hơn nữa là 70% hoặc lớn hơn.

Ở bước cán kết thúc, việc giảm cán ở bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 10% đến 30%, nhiệt độ đầu ra từ đường dẫn cuối cùng trong bước cán cuối cùng nằm trong khoảng từ 850 độ C đến 1000 độ C

Việc phân bố giảm bớt và nhiệt độ cán ở bước cán kết thúc tốt hơn là được thiết lập như được mô tả ở trên. Khi việc giảm cán ở đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc vượt quá 30% hoặc nhiệt độ đầu ra từ đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc (nhiệt độ hoàn thành cán) nằm bên dưới 850 độ C, tính dị hướng trong tấm thép cuối cùng có thể trở nên nổi bật do sự phát triển của kết cấu tổng thể trong tấm thép cán nóng. Trong khi đó, khi việc giảm cán ở đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc nằm bên dưới 10% hoặc nhiệt độ đầu ra từ đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc vượt quá 1000 độ C, cấu trúc của tấm thép được cán nóng có thể được làm thành thô, dẫn đến làm thô cấu trúc của tấm thép cuối cùng và làm giảm khả năng gia công của tấm thép cuối cùng.

Nhiệt độ cuộn: 450 đến 700 độ C

Nhiệt độ cuộn được thiết lập nằm trong khoảng từ 450 đến 700 độ C. Khi nhiệt độ cuộn nằm bên dưới 450 độ C, độ bền của tấm thép được cán nóng trở nên lớn quá mức, làm ảnh hưởng đến khả năng tạo hình nguội. Trong khi đó, khi nhiệt độ cuộn vượt quá 700 độ C, lượng mactensit trong sản phẩm cuối cùng nằm bên dưới lượng định trước, gây ra khó khăn để đạt được độ bền cho sản phẩm.

Cuộn được cán nóng có thể được tẩy rửa theo phương pháp đã biết. Ngoài ra, bước cán là có thể được áp dụng để hiệu chỉnh hình dạng của cuộn cán nóng và cải thiện khả năng tẩy rửa.

“Các điều kiện sản xuất trong bước cán nguội”

Cán nguội ở khoảng tỷ lệ từ 20% đến 80%

Để tán vụn cỡ hạt austenit đang được gia nhiệt ở bước dây chuyền mạ kẽm liên tục nhúng nóng, tỷ lệ cán nguội tốt hơn là 20% hoặc lớn hơn. Trong khi đó, việc giảm quá mức yêu cầu trọng lượng cán lớn và do đó làm gia tăng tải tác

dụng lên máy cán nguội. Theo đó, giới hạn trên của tỷ lệ cán nguội là 80%, tốt hơn là tỷ lệ cán nguội là nằm trong khoảng từ 30 đến 70%.

Sau bước cán nguội, bề mặt của tấm thép trải qua bước mạ kẽm nhúng nóng (bước dây chuyền mạ kẽm liên tục nhúng nóng).

“Các điều kiện sản xuất trong bước dây chuyền mạ kẽm liên tục nhúng nóng”

Tốc độ gia nhiệt từ 600 độ C đến nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất: 0,2 đến 10 độ C/giây

Tốc độ gia nhiệt tốt hơn là được thiết lập như được mô tả ở trên. Khi tốc độ gia nhiệt vượt quá 10 độ C/giây, sự kết tinh lại của ferit không tiến triển đầy đủ, vì vậy độ giãn của tấm thép có thể bị giảm xuống. Trong khi đó, khi tốc độ gia nhiệt nằm bên dưới 0,2 độ C/giây, austenit được làm thành thô ở giai đoạn gia nhiệt này, sao cho cấu trúc thép cuối cùng có thể được làm thành thô. Tốc độ gia nhiệt tốt hơn nữa là 0,5 độ C/giây hoặc lớn hơn.

Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất: $Ac_3 - 50$ độ C đến $Ac_3 + 50$ độ C, được giữ trong vùng nhiệt độ này trong 1 giây hoặc lớn hơn và 500 giây hoặc nhỏ hơn

Để thu được lượng cần thiết của cấu trúc mactensit và phát triển sự austenit hóa đến mức độ cần thiết, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được thiết lập là $Ac_3 - 50$ độ C hoặc lớn hơn. Trong khi đó, khi nhiệt độ gia nhiệt được nâng lên quá mức, phần ferit khó được đảm bảo. Nhiệt độ gia nhiệt cao quá mức cũng làm giảm độ cứng và khả năng ứng dụng lớp phủ biến đổi hóa học do cỡ hạt austenit được làm thành thô, và dẫn đến sự hư hỏng của các thiết bị ủ. Theo đó, giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt được thiết lập là $Ac_3 + 50$ độ C, tốt hơn là nằm trong khoảng từ $Ac_3 - 30$ độ C đến Ac_3 . Với thời gian gia nhiệt ngắn, sự austenit hóa không tiến triển đầy đủ đến mức độ cần thiết. Theo đó, thời gian gia nhiệt là ít nhất 1 giây hoặc lớn hơn, tốt hơn là 30 giây hoặc lớn hơn. Trong khi đó, do thời gian gia nhiệt dài quá mức làm ảnh hưởng đến hiệu suất, giới hạn trên của thời gian gia nhiệt được thiết lập ở 500 giây.

Vùng nhiệt độ làm nguội: 480 đến 600 độ C, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt

độ từ 720 độ C đến 600 độ C: 5 độ C/giây hoặc lớn hơn

Sau quy trình gia nhiệt nêu trên, tấm thép được làm nguội đến nhiệt độ giữa 480 đến 600 độ C. Tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 720 độ C đến 600 độ C là 5 độ C/giây hoặc lớn hơn. Khi tốc độ làm nguội là nhỏ hơn 5 độ C/giây, phần ferit vượt quá giới hạn trên được xác định trong sáng chế. Tốc độ làm nguội tốt hơn là 10 độ C/giây hoặc lớn hơn. Mặc dù giới hạn trên của tốc độ làm nguội không được xác định theo cách cần thiết, với khả năng làm mát của lò ủ liên tục đặc thù, việc gia tăng tốc độ làm nguội trên 100 độ C/giây là khó khăn.

Thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C: 5 đến 500 giây

Sau khi tấm thép được làm nguội đến vùng nhiệt độ làm nguội nêu trên, tấm thép được giữ trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C trong 5 giây hoặc lớn hơn. Quy trình này ngăn sự phát triển của sự biến đổi bainit được mô tả dưới đây mà xảy ra theo cách không thể tránh khỏi trong vùng nhiệt độ từ khoảng 440 đến 480 độ C trong dây chuyền mạ kẽm nhúng nóng. Mặc dù cơ chế không được biết chi tiết, nhưng được tin tưởng là sự phát triển của sự biến đổi bainit trong vùng nhiệt độ từ 440 đến 480 độ C được ngăn cản do các nguyên tử B trong thép được làm thành thô hơn trong các biên hạt tinh thể trong khi tấm thép được giữ trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C. Do bainit được tạo ra trong suốt dây chuyền mạ kẽm nhúng nóng, mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit đạt đến 100 pcs/1000 μm^2 hoặc lớn hơn ở cuối. Thời gian dừng tốt hơn là 10 giây hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 30 giây hoặc lớn hơn. Trong khi đó, thời gian dừng quá dài gây ra sự biến đổi peclit. Theo đó, thời gian dừng được thiết lập là 500 giây hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 300 giây hoặc nhỏ hơn. Cần lưu ý là tấm thép có thể được giữ ở nhiệt độ không đổi hoặc có thể được giữ ở nhiệt độ thay đổi (ví dụ, làm nguội từ từ trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C) miễn là các điều kiện xác định được đáp ứng.

Thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C: 5 đến 60 giây

Để mạ kẽm tấm thép, tấm thép được làm nguội đến vùng nhiệt độ từ 440 đến 480 độ C sau quy trình nêu trên. Thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C là 60 giây hoặc nhỏ hơn. Trong vùng nhiệt độ, sự biến đổi bainit tiến triển nhanh chóng. Theo đó, khi thời gian dừng trong vùng nhiệt độ dài, sự biến đổi bainit tiến triển quá mức, dẫn đến không đạt được phần mactensit được yêu cầu trong sáng chế. Hơn nữa, các hạt bainit được tạo ra trong vùng nhiệt độ chứa số lượng MA và cementit nhiều hơn so với bainit được tạo ra trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C. Theo đó, thời gian dừng trong vùng nhiệt độ tốt hơn là càng ngắn càng tốt. Tuy nhiên, do tấm thép phải được nhúng trong bể kẽm nóng chảy trong dây chuyền mạ kẽm nhúng nóng, thời gian dừng trong vùng nhiệt độ này chắc chắn xuất hiện. Theo đó, giới hạn dưới của thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C được thiết lập là 5 giây.

Sau khi tấm thép được giữ trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C trong khoảng 5 đến 60 giây, việc mạ kẽm nhúng nóng có thể được thực hiện theo phương pháp đã biết. Ví dụ, nhiệt độ của bể mạ kẽm nằm trong khoảng từ 440 đến 480 độ C, và thời gian nhúng là 5 giây hoặc nhỏ hơn. Bể mạ kẽm tốt hơn là chứa 0,08 đến 0,2% Al, và tùy chọn chứa Fe, Si, Mg, Mn, Cr, Ti, và Pb là các tạp chất không thể tránh khỏi. Trọng lượng lớp phủ của lớp mạ kẽm tốt hơn là được kiểm soát bởi phương pháp đã biết như quy trình tẩy sạch bằng khí. Trọng lượng lớp phủ tốt hơn là 25 đến 75 g/m² trên một bề mặt.

Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao có lớp mạ kẽm nhúng nóng có thể được trải qua quy trình tạo hợp kim khi cần thiết. Trong trường hợp này, khi nhiệt độ tạo hợp kim là nhỏ hơn 460 độ C, tốc độ tạo hợp kim là rất chậm mà hiệu suất bị ảnh hưởng và tấm có thể được tạo hợp kim không đều. Theo đó, nhiệt độ tạo hợp kim tốt hơn là 460 độ C hoặc lớn hơn. Trong khi đó, khi nhiệt độ tạo hợp kim vượt quá 600 độ C, tỷ lệ diện tích của peclit trong tấm thép mạ kẽm nhúng nóng vượt quá 5%. Theo đó, nhiệt độ tạo hợp kim tốt hơn là 600 độ C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 580 độ C hoặc nhỏ hơn.

Thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 150 độ C đến Ms

Sau bước mạ kẽm và tạo hợp kim, tấm thép được làm nguội sao cho giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) bên dưới vượt quá 30000 và nhỏ hơn 150000 trong vùng nhiệt độ từ Ms đến 150 độ C.

Công thức 2

$$\sum_{T=Ms}^{150} f_M(T) \cdot TP(T) \cdot \dots \quad (1)$$

trong đó:

$$f_M(T) = 1 - \exp\{-0,011 \times (Ms - T)\}$$

$$TP(T) = (T + 273) \times \{\text{Log}_{10}(\Delta t/3600) + 6\}$$

Ms thể hiện nhiệt độ bắt đầu biến đổi mactensit, T thể hiện nhiệt độ (độ C), và Δt thể hiện thời gian (giây) được yêu cầu để được làm nguội từ T(độ C) đến T-1 (độ C). Trong sáng chế, sự biến đổi mactensit xảy ra trong suốt bước làm nguội sau bước mạ kẽm và tạo hợp kim. Ngoài ra, mactensit được tự động ram sao cho mactensit hóa mềm. Công thức (1) thể hiện tham số chỉ báo độ tiến triển trong quá trình tự động ram của mactensit. Giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) càng lớn, mactensit được tự động ram nhiều hơn và do đó được hóa mềm hơn. Trong khi đó, giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) càng nhỏ, thì càng ít mactensit được tự động ram, và càng nhiều mactensit được hóa cứng. Để đạt được độ cứng trung bình của mactensit trong khoảng từ 330 Hv đến 500 Hv, bước làm mát cần phải được thực hiện dưới các điều kiện đáp ứng công thức (1).

$f_M(T)$ trong công thức (1) thể hiện tốc độ biến đổi mactensit ở T độ C. T càng nhỏ (nghĩa là độ siêu làm nguội từ Ms càng lớn), thì $f_M(T)$ càng lớn. $TP(T)$ là tham số thể hiện mactensit được ram ở T độ C đến chừng nào. $TP(T)$ là lớn hơn nhờ việc gia tăng T. $TP(T)$ cũng trở nên lớn hơn khi thời gian dừng Δt ở T độ C kéo dài. Hơn nữa, Ms của tấm thép càng cao, thì giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) càng lớn.

Mẫu làm nguội từ Ms đến 150 độ C có thể mang hình dạng bất kỳ miễn là

công thức (1) được đáp ứng. Ví dụ, tấm thép có thể được làm nguội đều ở tốc độ làm nguội không đổi từ Ms đến nhiệt độ phòng, hoặc theo cách khác, tốc độ làm nguội có thể được thay đổi trong suốt bước làm mát. Theo cách khác nữa, tấm thép có thể được giữ ở nhiệt độ định trước.

Cần lưu ý là sự biến đổi mactensit trong sáng chế xảy ra sau sự biến đổi ferit và sự biến đổi bainit. C được phân phối đến austenit theo sự biến đổi ferit và sự biến đổi bainit. Theo đó, Ms của austenit không giống như Ms khi pha đơn của austenit được gia nhiệt và được tôi. Ms trong sáng chế có thể được xác định bởi: nhờ sử dụng, ví dụ, máy đo giãn nở nhiệt (ví dụ, giãn nở kế Formastor), ứng dụng xử lý nhiệt dựa theo chu kỳ gia nhiệt của dây chuyền mạ kẽm nhúng nóng (ví dụ, nhiệt độ gia nhiệt, tốc độ gia nhiệt, thời gian gia nhiệt, tốc độ làm nguội, khoảng nhiệt độ làm nguội, thời gian dừng làm nguội, nhiệt độ gia nhiệt bằng với nhiệt độ bể mạ kẽm, thời gian gia nhiệt bằng với thời gian mạ kẽm, và điều kiện làm nguội sau khi mạ kẽm cho đến khi bắt đầu biến đổi mactensit); và đo lường nhiệt độ giãn nở nhiệt trong bước làm mát.

Sau bước dây chuyền mạ kẽm liên tục nhúng nóng, bước cán ram có thể được áp dụng trên tấm thép để hiệu chỉnh độ phẳng của tấm thép và điều chỉnh độ nhám bề mặt của tấm thép. Trong trường hợp này, để tránh suy giảm độ dẻo, tỷ lệ độ giãn tốt hơn là 2% hoặc nhỏ hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây. Các điều kiện trong các ví dụ được xác định để chứng minh khả năng áp dụng và các hiệu quả theo sáng chế và do đó là các ví dụ minh họa. Sáng chế không bị giới hạn bởi các điều kiện cho các ví dụ dưới đây. Các điều kiện khác có thể áp dụng với sáng chế miễn là các điều kiện không mâu thuẫn với các điều kiện theo sáng chế và có thể tương thích với đối tượng theo sáng chế.

Các mẫu của thép có các thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 đã được làm nóng chảy để tạo ra các tấm phôi. Mỗi tấm phôi được trải qua bước

cán nóng dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 2 để tạo ra các tấm thép được cán nóng. Sau đó, các tấm thép được cán nóng được tẩy rửa để loại bỏ gỉ trên bề mặt của chúng. Sau đó, các tấm thép được trải qua bước cán nguội dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 2. Ngoài ra, các tấm thép được tạo ra được trải qua xử lý nhiệt và mạ kẽm nhúng nóng liên tục dưới các điều kiện được thể hiện trong bảng 3.

Bảng 1

	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Cr	Mo	Nb	Ti	B	Khác	Cr+2 x Mo
A	0,085	0,53	2,44	0,009	0,0012	0,029	0,0043	0,0017	0,20	0,09	0,016	0,037	0,0021		0,38
B	0,119	0,24	2,16	0,011	0,0013	0,026	0,0053	0,0019	0,43	0,08	0,021	0,029	0,0018		0,59
C	0,087	0,89	2,52	0,014	0,0022	0,021	0,0030	0,0020		0,15	0,019	0,031	0,0030		0,30
D	0,070	0,33	3,21	0,014	0,0039	0,035	0,0037	0,0016	0,03	0,07	0,011	0,035	0,0013		0,17
E	0,075	0,90	2,73	0,015	0,0019	0,022	0,0036	0,0010	0,04	0,04	0,024	0,021	0,0027		0,12
F	0,077	0,58	2,59	0,006	0,0024	0,020	0,0042	0,0016	0,35	0,08	0,010	0,018	0,0006		0,51
G	0,073	0,42	2,57	0,012	0,0028	0,025	0,0038	0,0008	0,92	0,28	0,015	0,025	0,0020		1,48
H	0,069	1,57	2,29	0,014	0,0040	0,029	0,0056	0,0018		0,14	0,019	0,027	0,0024		0,28
I	0,067	1,91	2,06	0,010	0,0028	0,012	0,0040	0,0005	0,25	0,06	0,010	0,019	0,0016		0,37
J	0,083	0,65	1,91	0,011	0,0026	0,016	0,0023	0,0018	0,71		0,022	0,021	0,0016		0,71
K	0,091	0,37	2,80	0,007	0,0033	0,240	0,0041	0,0018	0,10	0,13	0,010	0,036	0,0020		0,36
L	0,076	0,70	2,63	0,008	0,0016	0,018	0,0048	0,0012	0,05	0,31		0,026	0,0025		0,67
M	0,094	1,13	1,56	0,014	0,0020	0,020	0,0045	0,0020	0,16	0,20	0,007	0,033	0,0022		0,56
N	0,083	0,42	2,55	0,010	0,0010	0,023	0,0059	0,0017	0,17	0,06	0,015	0,023	0,0019	V 0,13, W 0,2	0,29
O	0,098	0,92	2,00	0,011	0,0013	0,035	0,0056	0,0019	0,31	0,10		0,038	0,0020	Co 0,45	0,51
P	0,072	0,66	2,75	0,011	0,0013	0,035	0,0056	0,0019	0,06	0,08		0,038	0,0028	Cu 0,43, Ni 0,55	0,22
Q	0,080	0,59	2,61	0,007	0,0039	0,019	0,0049	0,0019		0,17	0,022	0,027	0,0015	Sn 0,12, Sb 0,05	0,34
R	0,073	0,50	2,47	0,009	0,0026	0,021	0,0028	0,0011	0,41	0,08	0,019	0,026	0,0023	Ca 0,0038, Mg 0,0027	0,57
S	0,081	0,40	2,89	0,007	0,0031	0,016	0,0031	0,0012		0,21	0,024	0,030	0,0017	Ce 0,0050	0,42
T	0,086	0,46	2,59	0,015	0,0013	0,024	0,0035	0,0019		0,28	0,024	0,025	0,0026	La 0,0063, Hf 0,0059	0,56
U	0,124	0,21	2,14	0,016	0,0022	0,026	0,0030	0,0019		0,16	0,012	0,025	0,0021	Bi 0,0046	0,32
V	0,067	0,67	2,06	0,013	0,0018	0,023	0,0043	0,0020	0,53	0,12	0,017	0,029	0,0015	REM 0,0071	0,77
W	0,168	0,34	2,30	0,009	0,0021	0,030	0,0028	0,0010	0,05	0,07	0,019	0,030	0,0021		0,19
X	0,086	0,45	2,59	0,011	0,0022	0,031	0,0054	0,0015	0,22	0,17	0,008	0,037	0,0002		0,56
Y	0,098	0,81	2,61	0,016	0,0016	0,025	0,0038	0,0012	0,03	0,02	0,013	0,022	0,0019		0,07
Z	0,070	0,19	4,24	0,012	0,0010	0,024	0,0046	0,0020	0,26	0,07	0,015	0,026	0,0017		0,40
AA	0,082	0,43	2,30	0,008	0,0034	0,019	0,0036	0,0019	0,91	0,79	0,024	0,022	0,0017		2,49
AB	0,092	2,12	2,09	0,012	0,0020	0,025	0,0038	0,0005	0,16	0,07	0,020	0,020	0,0018		0,30

Giá trị in đậm là nằm ngoài phạm vi của sáng chế

Bảng 2

Ví dụ số	Loại	Thành phần hóa học	Cán nông						Cán nguội
			Nhiệt độ gia nhiệt tấm phơi (°C)	Giảm cán tổng thể từ 1150 đến 1050°C (%)	Giảm cán tổng thể từ 1050 trước đường dẫn cuối cùng (%)	Giảm cán ở đường dẫn cuối cùng của bước kết thúc (%)	Nhiệt độ hoàn thành cán (°C)	Nhiệt độ cuộn (°C)	Tỷ lệ cán nguội (%)
1	Sáng chế	A	1230	85	91	15	940	580	52
2	Sáng chế	A	1230	85	91	15	950	570	52
3	Sáng chế	A	1240	85	91	15	950	580	52
4	Sáng chế	A	1230	85	91	15	940	560	52
5	Sáng chế	A	1240	85	91	15	940	570	52
6	Sáng chế	A	1250	85	91	15	930	580	52
7	Sáng chế	A	1230	85	91	15	950	570	52
8	Sáng chế	A	1240	93	66	17	960	580	60
9	Sáng chế	A	1220	50	92	20	940	550	56
10	So sánh	A	1240	85	91	15	950	560	52
11	So sánh	A	1250	85	91	15	930	580	52
12	So sánh	A	1250	85	91	15	930	580	52
13	So sánh	A	1240	85	91	15	940	720*	52
14	So sánh	A	1230	85	91	15	940	580	52
15	Sáng chế	A	1250	85	91	15	930	570	52
16	So sánh	A	1230	85	91	15	960	550	52
17	Sáng chế	A	1220	85	91	15	930	580	52
18	Sáng chế	A	1240	85	91	15	950	590	52
19	So sánh	A	1230	85	91	15	930	560	52
20	So sánh	A	1260	85	91	15	980	560	52
21	So sánh	A	1260	85	91	15	980	560	52
22	Sáng chế	A	1230	85	91	15	940	590	52
23	Sáng chế	A	1240	85	91	15	940	550	52
24	Sáng chế	B	1250	85	91	15	940	560	52
25	Sáng chế	C	1260	85	91	15	960	580	52
26	Sáng chế	D	1230	85	91	15	920	560	52
27	Sáng chế	E	1250	85	91	15	950	570	52
28	Sáng chế	F	1250	85	91	15	930	540	52
29	Sáng chế	G	1240	85	91	15	970	590	52
30	Sáng chế	H	1250	85	91	15	960	580	52
31	Sáng chế	I	1260	85	91	15	970	600	52
32	Sáng chế	J	1260	85	91	15	940	570	52
33	Sáng chế	K	1230	85	91	15	920	520	52
34	Sáng chế	L	1250	85	91	15	950	590	52
35	Sáng chế	M	1260	85	91	15	920	560	52
36	Sáng chế	N	1250	85	91	15	970	560	52
37	Sáng chế	O	1230	85	91	15	920	550	52
38	Sáng chế	P	1220	85	91	15	920	570	52
39	Sáng chế	Q	1260	85	91	15	940	520	52
40	Sáng chế	R	1220	85	91	15	940	570	52
41	Sáng chế	S	1260	85	91	15	930	580	52
42	Sáng chế	T	1250	85	91	15	940	600	52
43	Sáng chế	U	1220	85	91	15	970	530	52
44	Sáng chế	V	1240	85	91	15	920	540	52
45	So sánh	W	1250	85	91	15	970	520	52
46	So sánh	X	1240	85	91	15	960	580	52
47	So sánh	Y	1230	85	91	15	940	570	52
48	So sánh	Z	1260	85	91	15	910	600	52
49	So sánh	AA	1230	85	91	15	920	600	52
50	So sánh	A B	1250	85	91	15	940	560	52
51	Sáng chế	A	1230	85	91	15	960	600	52
52	Sáng chế	A	1250	85	91	15	950	550	52

Các giá trị in đậm là nằm ngoài phạm vi của sáng chế

* chỉ báo các giá trị nằm ngoài các điều kiện sản xuất của sáng chế.

Bảng 3

Số	Loại	Thành phần hóa học	Xử lý nhiệt								Mạ kẽm nhúng nóng		
			Tốc độ gia nhiệt từ 600°C đến nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất (°C/giây)	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất (°C)	Ac3 (°C)	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất-Ac3 (°C)	Thời gian duy trì ở nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất (giây)	Tốc độ làm mát từ 720°C đến 600°C (°C/giây)	Thời gian dừng từ 480 đến 600°C (giây)	Thời gian dừng từ 440 đến 480°C (giây)	Nhiệt độ tạo hợp kim (°C)	Công thức (1)/1000	Ms (°C)
1	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	530	92	330
2	Sáng chế	A	1,8	840	821	19	90	35	35	18	520	101	333
3	Sáng chế	A	1,8	810	821	-11	90	35	15	18	510	56	279
4	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	40	580	56	289
5	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	550	39	329
6	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	570	136	342
7	Sáng chế	A	1,8	805	821	-16	90	35	120	18	520	104	350
8	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	550	97	341
9	Sáng chế	A	1,8	795	821	-26	90	35	35	18	540	98	343
10	So sánh	A	1,8	805	821	-16	90	35	35	18	520	168*	337
11	So sánh	A	1,8	810	821	-11	90	35	3*	18	510	43	265
12	So sánh	A	1,8	830	821	9	90	35	35	74*	570	36	239
13	So sánh	A	1,8	830	821	9	90	35	35	18	570	45	259
14	So sánh	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	520	26*	325
15	Sáng chế	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	520	84	320
16	So sánh	A	1,8	800	821	-21	90	35	35	18	620*	82	318
17	Sáng chế	A	1,8	790	821	-31	90	35	35	18	600	86	323
18	Sáng chế	A	0,2	800	821	-21	90	35	35	18	550	87	330
19	So sánh	A	1,8	900*	821	79*	90	35	35	18	580	107	353
20	So sánh	A	1,8	800	821	-21	90	3*	35	18	560	70	308
21	So sánh	A	1,8	800	821	-21	90	3*	35	18	560	49	308
22	Sáng chế	A	1,8	775	821	-46	90	35	35	18	540	68	321
23	Sáng chế	A	1,8	795	821	-26	90	35	35	18	N/A	97	332
24	Sáng chế	B	1,8	790	803	-13	90	35	35	18	550	78	307
25	Sáng chế	C	1,8	820	838	-18	90	35	35	18	540	70	297
26	Sáng chế	D	1,8	785	801	-16	90	35	35	18	520	83	313
27	Sáng chế	E	1,8	815	834	-19	90	35	35	18	530	83	276
28	Sáng chế	F	1,8	800	814	-14	90	35	35	18	550	96	297
29	Sáng chế	G	1,8	790	815	-25	90	35	35	18	560	114	381
30	Sáng chế	H	1,8	850	885	-35	90	35	35	18	510	110	342
31	Sáng chế	I	1,8	880	893	-13	90	35	35	18	580	93	359
32	Sáng chế	J	1,8	830	831	-1	90	35	35	18	590	81	316
33	Sáng chế	K	1,8	860	886	-26	90	35	35	18	560	77	311
34	Sáng chế	L	1,8	810	829	-19	90	35	35	18	570	90	327
35	Sáng chế	M	1,8	870	875	-5	90	35	35	18	510	115	355
36	Sáng chế	N	1,8	800	825	-25	90	35	35	18	510	79	314
37	Sáng chế	O	1,8	830	850	-20	90	35	35	18	510	92	330
38	Sáng chế	P	1,8	790	810	-20	90	35	35	18	510	89	326
39	Sáng chế	Q	1,8	800	820	-20	90	35	35	18	540	86	323
40	Sáng chế	R	1,8	800	817	-17	90	35	35	18	590	89	326
41	Sáng chế	S	1,8	790	802	-12	90	35	35	18	510	61	291
42	Sáng chế	T	1,8	810	823	-13	90	35	35	18	540	52	279
43	Sáng chế	U	1,8	810	811	-1	90	35	35	18	530	36	254
44	Sáng chế	V	1,8	825	843	-18	90	35	35	18	510	117	357
45	So sánh	W	1,8	780	794	-14	90	35	35	18	590	36	250
46	So sánh	X	1,8	810	817	-7	90	35	35	18	580	31	232
47	So sánh	Y	1,8	810	827	-17	90	35	35	18	560	34	236
48	So sánh	Z	1,8	760	756	4	90	35	35	18	540	63	288
49	So sánh	AA	1,8	810	831	-21	90	35	35	18	540	117	349
50	So sánh	AB	1,8	875	900	-25	90	35	35	18	580	91	344
51	Sáng chế	A	12,0	805	821	-16	90	35	35	18	550	92	330
52	Sáng chế	A	0,07	800	821	-21	90	35	35	18	520	98	330

$Ac3(^{\circ}C) = 911 - 203 \times [C] - 0,5 - 15,2 \times [Ni] + 44,7 \times [Si] + 104 \times [V] + 31,5 \times [Mo] - 30 \times [Mn] - 11 \times [Cr] - 20 \times [Cu] + 700 \times [P] + 400 \times [Al]$, trong đó các giá trị trong các dấu ngoặc là % khối lượng của mỗi nguyên tố.

Các giá trị in đậm là nằm ngoài phạm vi của sáng chế

* chỉ báo các giá trị nằm ngoài các điều kiện sản xuất của sáng chế.

Mẫu thử nghiệm kéo JIS No.5 được lấy từ các tấm thép thu được theo chiều vuông góc với chiều cán. Cấu trúc của mẫu thử nghiệm được phân tích, và thử nghiệm kéo theo JIS Z2241 được thực hiện trên mẫu để đo lường độ bền kéo (TS) và tổng độ giãn (El). Ngoài ra, “Phương pháp kiểm tra độ giãn lỗ JFS T 1001” theo Hiệp hội sắt và thép Nhật Bản được thực hiện để đo lường khả năng mở rộng lỗ (λ). Các mẫu có độ bền kéo 980 MPa hoặc lớn hơn, độ giãn 10% hoặc lớn hơn, và khả năng mở rộng lỗ 30% hoặc lớn hơn được đánh giá “tốt” xét về các đặc tính cơ học. Bảng 4 thể hiện các kết quả này. Cần lưu ý là MA nhỏ và cementit là nhỏ hơn 0,2 μm , mà được chứa trong các hạt bainit hoặc mactensit và khó đo lường riêng biệt, được tính theo số lượng bainit hoặc mactensit.

Bảng 4

Số	Loại	Các vi cấu trúc									Các đặc tính cơ học		
		Ferit (%)	Phân dư γ (%)	Mactensit (%)	Độ cứng trung bình của mactensit (HV)	Peclit (%)	θ +MA của 0,2 μ m hoặc lớn hơn (%)	Bainit (%)	Cỡ hạt trung bình (μ m)	Mật độ số của θ , MA (pcs/1000 μ m ²)	TS (MPa)	EI (%)	Khả năng mở rộng lỗ l (%)
1	Sáng chế	28	1	42	397	0	1	28	4,5	9	1034	16,8	61
2	Sáng chế	4	1	44	366	0	2	49	3,5	18	1074	10,6	65
3	Sáng chế	20	1	24	410	0	2	53	3,8	53	986	15,9	37
4	Sáng chế	24	1	26	416	0	2	47	4,1	27	993	16,7	43
5	Sáng chế	25	0	42	468	0	1	32	3,9	11	1144	15,8	43
6	Sáng chế	30	2	50	357	0	1	17	3,5	10	1003	17,1	63
7	Sáng chế	29	1	59	370	0	1	10	4,4	7	1058	16,0	63
8	Sáng chế	24	1	50	391	0	1	24	7,2	12	1074	15,3	43
9	Sáng chế	25	2	51	402	0	5	17	4,3	11	1126	15,5	42
10	So sánh	24	1	47	318	0	1	27	4,2	8	940*	15,5	67
11	So sánh	20	1	22	445	0	3	54	4,1	105	1006	16,0	16*
12	So sánh	10	0	15	408	0	3	72	4,4	118	967*	13,6	28*
13	So sánh	12	0	16	400	0	2	70	3,5	18	956*	14,1	58
14	So sánh	27	0	40	518	0	1	32	3,8	12	1190	16,4	21*
15	Sáng chế	25	1	37	395	0	1	36	4,1	11	1015	16,4	59
16	So sánh	22	1	36	418	7	1	33	4,1	11	986	15,3	21*
17	Sáng chế	28	0	39	415	4	1	28	4,3	14	1001	16,5	31
18	Sáng chế	21	0	43	394	0	1	35	8,0	12	1049	14,8	40
19	So sánh	0	1	62	350	0	2	35	6,7	16	1120	8,5*	59
20	So sánh	60	0	33	429	0	0	7	4,6	0	918*	21,2	40
21	So sánh	61	1	34	475	0	0	4	4,3	0	982	21,6	26*
22	Sáng chế	49	1	37	440	0	2	11	4,5	15	1008	18,3	33
23	Sáng chế	31	0	44	381	0	1	24	4,0	13	1004	17,2	55
24	Sáng chế	18	1	42	460	0	2	37	3,9	15	1159	14,3	43
25	Sáng chế	22	2	28	399	0	1	47	3,9	32	991	16,4	44
26	Sáng chế	16	1	40	468	0	2	41	4,4	18	1165	13,9	39
27	Sáng chế	21	1	22	435	0	1	55	3,7	53	986	16,3	31
28	Sáng chế	17	2	27	370	0	2	52	4,2	87	980	15,2	33
29	Sáng chế	20	0	69	376	0	2	9	4,3	9	1139	10,8	68
30	Sáng chế	34	2	34	425	0	3	27	4,0	16	1028	18,9	32
31	Sáng chế	13	3	40	476	0	2	42	4,1	13	1197	13,6	30
32	Sáng chế	12	0	31	377	0	1	56	4,3	23	1001	13,2	58
33	Sáng chế	35	1	38	408	0	1	25	3,7	11	1006	18,8	52
34	Sáng chế	21	0	40	370	0	1	38	3,5	8	1001	14,9	68
35	Sáng chế	34	1	41	396	0	1	23	3,9	22	1008	18,4	44
36	Sáng chế	28	0	38	402	0	1	33	4,2	13	1013	16,8	54
37	Sáng chế	23	0	41	406	0	1	35	4,4	10	1050	15,4	63
38	Sáng chế	16	1	48	382	0	1	34	3,7	9	1074	13,4	69
39	Sáng chế	26	0	38	379	0	1	35	3,5	6	992	16,3	65
40	Sáng chế	26	0	38	390	0	1	35	3,6	8	1003	16,3	70
41	Sáng chế	19	0	30	411	0	1	50	4,1	17	1013	15,0	62
42	Sáng chế	20	0	26	401	0	2	52	3,8	33	983	15,5	51
43	Sáng chế	9	1	22	436	0	2	66	3,5	21	1031	13,2	53
44	Sáng chế	24	0	46	362	0	1	29	3,6	7	1004	15,3	72
45	So sánh	21	1	37	520	0	2	39	4,2	18	1194	15,3	17*
46	So sánh	23	1	12	408	0	2	62	3,8	129	912*	17,4	18*
47	So sánh	18	0	14	404	0	1	67	3,5	67	922*	15,8	36
48	So sánh	4	3	57	475	0	7	29	4,1	33	1377	10,1	23*
49	So sánh	15	0	75	396	0	2	8	3,9	8	1232	8,2*	44
50	So sánh	31	2	44	511	0	1	22	4,8	7	1216	14,7	26*
51	Sáng chế	33	1	40	399	0	1	25	4,3	15	1034	10,6	51
52	Sáng chế	35	1	40	391	0	2	22	10,2	16	1057	14,2	30

Các giá trị in đậm là nằm ngoài phạm vi của sáng chế

* chỉ báo các giá trị nằm ngoài các điều kiện sản xuất của sáng chế.

θ trong bảng thể hiện cementit.

Trong thí nghiệm 10, giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, độ cứng của mactensit giảm xuống, sao cho độ bền nằm bên dưới 980 MPa.

Trong thí nghiệm 14, giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, độ cứng của mactensit được gia tăng, sao cho khả năng mở rộng lỗ bị giảm xuống.

Trong thí nghiệm 11, thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 480 đến 600 độ C nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit được gia tăng, sao cho khả năng mở rộng lỗ bị giảm xuống.

Trong thí nghiệm 12, thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 đến 480 độ C nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, % diện tích của mactensit nằm bên dưới xác định theo sáng chế, độ bền nằm bên dưới 980 MPa, và mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly trong các hạt ferit hoặc bainit được gia tăng, sao cho khả năng mở rộng lỗ bị giảm xuống.

Trong thí nghiệm 13, nhiệt độ cuộn vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, % diện tích của mactensit nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, dẫn đến độ bền nằm bên dưới 980 MPa.

Trong thí nghiệm 16, nhiệt độ tạo hợp kim vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, peclit vượt quá xác định theo sáng chế được tạo ra, sao cho khả năng mở rộng lỗ bị giảm xuống.

Trong thí nghiệm 19, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, % diện tích của ferit bị giảm xuống, sao cho độ giãn bị giảm xuống.

Trong các thí nghiệm 20 và 21, tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 720 đến 600 độ C nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế. Do đó, % diện tích của ferit được gia tăng, sao cho độ bền hoặc khả năng mở rộng lỗ bị

giảm xuống.

Trong các thí nghiệm 45 đến 50, các thành phần hóa học nằm ngoài xác định theo sáng chế.

Trong thí nghiệm 45, hàm lượng của C vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho độ cứng của mactensit được gia tăng để làm giảm khả năng mở rộng lỗ.

Trong thí nghiệm 46, hàm lượng của B nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho phần mactensit bị giảm xuống để làm giảm độ bền kéo.

Trong thí nghiệm 47, $Cr + 2 \times Mo$ nằm bên dưới khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, dẫn đến phần mactensit bị giảm xuống để làm giảm độ bền kéo.

Trong thí nghiệm 49, $Cr + 2 \times Mo$ vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho phần mactensit được gia tăng để làm giảm độ giãn.

Trong thí nghiệm 48, hàm lượng của Mn vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho phần của cementit và MA tổng cộng được gia tăng để làm giảm khả năng mở rộng lỗ.

Trong thí nghiệm 50, hàm lượng của Si vượt quá khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho độ cứng của mactensit được gia tăng để làm giảm khả năng mở rộng lỗ.

Mặt khác, thành phần hóa học và các điều kiện sản xuất trong các thí nghiệm 1 đến 9, 15, 17, 18, 22 đến 44, 51, và 52 nằm trong khoảng được yêu cầu bởi sáng chế, sao cho cấu trúc như được xác định bởi sáng chế và do đó, các đặc tính cơ học tuyệt vời thu được.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao có thành phần hóa học bao gồm, theo % khối lượng:

C: 0,050% đến 0,130%;

Si: 0,010% đến 2,00%;

Mn: 1,50% đến 3,50%;

P: 0,10% hoặc nhỏ hơn;

S: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

N: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

O: 0,010% hoặc nhỏ hơn;

Al hòa tan: 0,001% đến 1,0%;

Ti: 0,005% đến 0,20%;

B: 0,0005% đến 0,010%;

Cr + 2 × Mo: 0,10 đến 1,50%; và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó

cấu trúc thép ở phần trong khoảng chiều dày từ một phần tám đến ba phần tám xung quanh một phần tư chiều dày của tấm thép từ bề mặt của tấm thép bao gồm, theo % diện tích:

ferit: 1 đến 50%;

mactensit: 20 đến 70%;

austenit dư: 0 đến 5%;

peclit: 0 đến 5%;

MA (Mactensit-Austenit) và cementit có cỡ hạt tổng cộng 0,2 μm hoặc lớn hơn: 0 đến 5%; và

phần còn lại ở dạng bainit,

mật độ số của MA hoặc cementit có cỡ hạt 0,2 μm hoặc lớn hơn và được cách ly

trong các hạt ferit hoặc bainit là 100 pcs/1000 μm^2 hoặc nhỏ hơn, và

độ cứng trung bình của mactensit nằm trong khoảng từ 330 Hv đến 500 Hv.

2. Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo điểm 1, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

V: 0,001% đến 1,00%; và

Nb: 0,001% đến 0,200%.

3. Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

Ni: 0,001% đến 1,00%;

Cu: 0,001% đến 1,00%;

Co: 0,001% đến 1,00%;

W: 0,001% đến 1,00%;

Sn: 0,001% đến 1,00%; và

Sb: 0,001% đến 0,50%.

4. Tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thành phần hóa học bao gồm, thay cho một phần của Fe, ít nhất một trong số:

Ca: 0,0001% đến 0,0100%;

Mg: 0,0001% đến 0,0100%;

Ce: 0,0001% đến 0,0100%;

Zr: 0,0001% đến 0,0100%;

La: 0,0001% đến 0,0100%;

Hf: 0,0001% đến 0,0100%;

Bi: 0,0001% đến 0,0100%; và

hợp kim đất hiếm (misch metal): 0,0001% đến 0,0100%.

5. Phương pháp sản xuất của tấm thép mạ kẽm nhúng nóng độ bền cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, phương pháp bao gồm các bước theo trình tự như sau:

(A) bước cán nóng;

(B) bước cán nguội; và

(C) bước mạ kẽm nhúng nóng, trong đó:

ở bước cán nóng (A), (A1) nhiệt độ gia nhiệt tấm phôi là 1150 độ C hoặc lớn hơn,

(A2) việc giảm cán tổng thể trong vùng nhiệt độ từ 1150 độ C đến 1050 độ C là 50% hoặc lớn hơn,

(A3) việc giảm cán tổng thể trong khoảng thời gian sau thời điểm mà ở đó nhiệt độ của tấm phôi nằm bên dưới 1050 độ C và trước đường dẫn cuối cùng của bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 66 đến 95%,

(A4) việc giảm cán ở đường dẫn cuối cùng của bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 10% đến 30%, và nhiệt độ ở đường dẫn cuối cùng ở bước cán kết thúc nằm trong khoảng từ 850 độ C đến 1000 độ C, và

(A5) nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 450 độ C đến 700 độ C;

ở bước cán nguội (B), việc giảm cán nằm trong khoảng từ 20% đến 80%;
và

ở bước mạ kẽm nhúng nóng (C), (C-1) nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất nằm trong vùng nhiệt độ từ $A_{c3} - 50$ độ C đến $A_{c3} + 50$ độ C, và thời gian duy trì trong vùng nhiệt độ này nằm trong khoảng từ 1 giây đến 500 giây,

(C-2) tốc độ làm nguội trong vùng nhiệt độ từ 600 độ C đến 720 độ C là 5 độ C/giây hoặc lớn hơn,

(C-3) thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 480 độ C đến 600 độ C nằm trong khoảng từ 5 đến 500 giây,

(C-4) thời gian dừng trong vùng nhiệt độ từ 440 độ C đến 480 độ C nằm

trong khoảng từ 5 đến 60 giây, và

(C-5) bước làm nguội đến nhiệt độ phòng sau bước mạ kẽm và tạo hợp kim được thực hiện sao cho giá trị được biểu diễn bởi công thức (1) bên dưới vượt quá 30000 và nhỏ hơn 150000 trong vùng nhiệt độ từ M_s đến 150 độ C,

Công thức 1

$$\sum_{T=M_s}^{150} f_M(T) \cdot TP(T) \cdot \dots \quad (1)$$

trong đó:

$$f_M(T) = 1 - \exp\{-0,011 \times (M_s - T)\},$$

$$TP(T) = (T + 273) \times \{\text{Log}_{10}(\Delta t/3600) + 6\},$$

M_s thể hiện nhiệt độ bắt đầu biến đổi mactensit (độ C),

T thể hiện nhiệt độ (độ C), và

Δt (giây) thể hiện thời gian được yêu cầu để làm nguội từ T (độ C) đến $T-1$ (độ C).