



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0023741

(51)⁷ C22C 38/00; C22C 38/14; C22C 38/58; (13) B
C25D 5/26; C23C 2/06; C23C 2/28;
C23C 28/00; C21D 9/46; C23C 2/02

(21) 1-2014-00630 (22) 27/07/2012
(86) PCT/JP2012/069261 27/07/2012 (87) WO2013/018740A1 07/02/2013
(30) 2011-167661 29/07/2011 JP
(45) 25/05/2020 386 (43) 26/05/2014 314A
(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan
(72) KAWATA, Hiroyuki (JP); MARUYAMA, Naoki (JP); MURASATO, Akinobu (JP);
MINAMI, Akinobu (JP); HASEGAWA, Hajime (JP); WAKABAYASHI, Chisato (JP);
OKI, Tsuyoshi (JP)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP VÀ TẤM THÉP MẠ KỀM CÓ ĐỘ BỀN CAO, ĐỘ BỀN CHỐNG VA
ĐẬP TỐT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CÁC TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép và phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt. Tấm thép có độ bền cao này chứa hàm lượng định trước của C, Si, Mn, P, S, Al, Ti, N, và O, với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi, và có cấu trúc tấm thép trong đó ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày qua 1/4 chiều dày tấm, từ 1 đến 8% austenit dư có mặt, tính theo phần thể tích, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 2,0 hoặc nhỏ hơn, lượng dung dịch-rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn, và các hạt TiN có đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn được chứa, và mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn, trong đó độ bền kéo lớn nhất là 900 MPa hoặc lớn hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới tấm thép có độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này, tấm thép mạ kẽm có độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này, và cụ thể hơn sáng chế đề cập đến tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, có nhu cầu không chỉ cải thiện về độ bền của tấm thép được sử dụng trong ô tô mà còn cải thiện về độ bền chống va đập của tấm thép này, để làm tăng cường độ an toàn khi va chạm trong khi đạt được việc làm giảm tải trọng ô tô.

Đối với tấm thép có độ bền cao, năng lượng hấp thu va chạm lớn, tài liệu sáng chế 1 mô tả tấm thép có độ bền cao chứa, tính theo % trọng lượng, C: 0,05 đến 0,3%, Si: 2,0% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,01 đến 2,0%, Mn: 0,5 đến 4,0%, Ni: 0 đến 5,0%, P: 0,1% hoặc nhỏ hơn, S: 0,1% hoặc nhỏ hơn, và N: 0,01% hoặc nhỏ hơn, lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, và chứa thành phần hóa học thỏa mãn $1,5 - 3,0 \times C \leq Si + Al \leq 3,5 - 5,0 \times C$ và $Mn + (Ni/3) \geq 1,0\%$, trong đó mức độ hóa rắn khi nung của tấm thép là 50 MPa hoặc lớn hơn.

Hơn nữa, đối với tấm thép có độ bền cao, khả năng hấp thu va chạm tốt, tài liệu sáng chế 2 mô tả tấm thép có ứng suất cao, độ dẻo cao mà có cấu trúc thép bao gồm: bainit có phần thể tích VB được thể hiện bởi biểu thức $VB \leq (TSs/60) - 1$ (TSs: độ bền kéo (MPa) trong thử nghiệm kéo căng tĩnh); và austenit dư, mà hàm lượng C của nó là 1,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn và phần thể tích của nó là 5% hoặc lớn hơn, lượng còn lại là ferit, trong đó tỷ lệ giới hạn chảy trong thử nghiệm kéo căng tĩnh là 0,6 hoặc lớn hơn, và tỷ lệ động-tĩnh của tấm thép là cao, với tỷ lệ TSd/TSs giữa độ bền kéo trong thử nghiệm kéo căng động và độ bền kéo trong thử nghiệm kéo căng tĩnh thỏa mãn mối tương quan được đưa ra bởi biểu thức $TSd/TSs \geq 0,8 + (300/TSs)$ (Tsd: độ bền kéo (MPa))

trong thử nghiệm kéo căng động ở tốc độ ứng suất 1000/s).

Hơn nữa, đối với phương pháp sản xuất tấm thép cán nguội có độ bền cao, đặc tính chống va đập tốt, tài liệu sáng chế 3 mô tả phương pháp sản xuất bao gồm: bước cán nóng phôi tấm mà có thành phần chứa C: 0,08 đến 0,18% khối lượng, Si: 1,00 đến 2,0% khối lượng, Mn: 1,5 đến 3,0% khối lượng, P: 0,03% khối lượng hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và T.Al: 0,01 đến 0,1% khối lượng và trong đó mức độ tách của Mn được xác định bởi biểu thức (mức độ tách Mn = (nồng độ Mn ở phần giữa của phôi tấm – nồng độ Mn ở nền)/nồng độ Mn ở nền) là 1,05 đến 1,10; sau khi cán nguội, thực hiện gia nhiệt trong vùng hai pha hoặc vùng một pha ở nhiệt độ từ 750 đến 870°C trong thời gian duy trì 60 giây hoặc lâu hơn trong dây chuyền ủ liên tục; sau đó, sau khi làm nguội ở vùng nhiệt độ từ 720 đến 600°C ở tốc độ làm nguội trung bình 10°C/s hoặc nhỏ hơn, việc thực hiện làm nguội đến khoảng từ 350 đến 460°C ở tốc độ làm nguội trung bình 10°C/s hoặc lớn hơn để duy trì nhiệt độ này trong 30 giây đến 20 phút, và sau đó thực hiện làm nguội đến nhiệt độ trong phòng để sản xuất cấu trúc năm pha của ferit đa giác + ferit hình kim + bainit + austenit dư + martensit.

Đối với tấm thép được sử dụng làm tấm thép cho ô tô, tài liệu sáng chế 4 mô tả tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa chứa, tính theo % khối lượng, C: 0,05 đến 0,25%, Si: 0,5% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1 đến 3%, P: 0,1% hoặc nhỏ hơn, S: 0,01% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,1 đến 2%, và N: nhỏ hơn 0,005%, lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó $Si + Al \geq 0,6\%$, $(0,0006Al)\% \leq N \leq 0,0058\% - (0,0026 \times Al)\%$, và $Al \leq (1,25 \times C^{0,5} - 0,57 Si + 0,625 Mn)\%$ được thỏa mãn.

Đối với tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa có độ bền cao, khả năng hấp thụ năng lượng tốt, tài liệu sáng chế 5 mô tả vật liệu nền là tấm thép có: thành phần hợp phần chứa C: 0,05 đến 0,20% khối lượng, Si: 0,3 đến 1,5% khối lượng, Mn: 1,0 đến 2,5% khối lượng, và P: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn, lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi; và vi cấu trúc chứa một hoặc hai hợp chất trong số martensit và austenit dư với tổng lượng là 25 đến 50% thể tích, lượng còn lại là ferit và bainit, trong đó bước mạ kẽm nhúng nóng hợp kim hóa được áp dụng cho cả hai bề mặt của tấm thép.

Đối với tấm thép cán nguội có ứng suất cao và độ dẻo cao, có đặc tính bề mặt tốt và khả năng hấp thụ va đập, tài liệu sáng chế 6 mô tả thép chứa, tính theo tỷ lệ khối lượng, C: 0,06 đến 0,25%, Si: 2,5% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,5 đến 3,0%, P: 0,1% hoặc nhỏ hơn, S: 0,03% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,1 đến 2,5%, Ti: 0,003 đến 0,08%, và N: 0,01% hoặc nhỏ hơn, lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, trong đó hàm lượng Ti thỏa mãn mối quan hệ $(48/14)N \leq Ti \leq (48/14)N + (48/32)S + 0,01$, và cấu trúc sau khi cán nguội-ủ tái kết tinh là cấu trúc chứa 5% austenit dư hoặc lớn hơn, tính theo phần thể tích.

Đối với tấm thép có độ bền cao và độ dẻo cao, có độ dai tốt ở nhiệt độ thấp, tài liệu sáng chế 7 mô tả thép có kết cấu mà chứa, tính theo % diện tích, 60% bainit hoặc lớn hơn và 1 đến 20% γ dư, lượng còn lại về cơ bản là ferit, trong đó γ dư tồn tại trong hạt bainit.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2001-11565

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-294400

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-300452

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-307327

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2009-68039

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H10-130776

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H11-21653

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, trong kỹ thuật thông thường, không thể đạt được độ bền chống va đập đủ trong tấm thép có độ bền cao, độ bền kéo lớn nhất là 900 MPa hoặc lớn hơn, và việc cải thiện hơn nữa độ bền chống va đập được yêu cầu.

Đối với các trường hợp nêu trên, sáng chế đề xuất tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này, tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, trong đó lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Cách thức giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu chuyên sâu lặp lại để thu được tấm thép có độ bền cao, độ bền kéo lớn nhất là 900 MPa hoặc lớn hơn và có độ bền chống va đập tốt. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng tấm thép chứa thành phần hóa học định trước chứa Al: 0,001 đến 0,050%, Ti: 0,0010 đến 0,0150%, và N: 0,0001 đến 0,0050%, và ở vùng nằm trong khoảng từ 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày qua 1/4 chiều dày tấm, cấu trúc tấm thép chứa 1 đến 8% austenit dư tính theo phần thể tích, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 2,0 hoặc nhỏ hơn, lượng dung dịch-rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn, các hạt TiN với đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn được chứa, và mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn.

Tức là, tấm thép có độ bền cao nêu trên là loại mà chứa Al, Ti, và N trong khoảng nêu trên và trong đó sự tạo thành của các hạt AlN với đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn mà trở thành điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp được ngăn ngừa bởi sự tạo thành của các hạt TiN mịn với đường kính hạt 0,5 μm hoặc nhỏ hơn, và do đó, mật độ của các hạt AlN với đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là thấp, tức là, 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn. Do đó, trong tấm thép có độ bền cao nêu trên, sự phá hủy bắt đầu từ các hạt AlN được ngăn ngừa.

Hơn nữa, trong tấm thép có độ bền cao nêu trên, phần thể tích của austenit dư mà trở thành điểm bắt đầu phá hủy là 1 đến 8% và do đó phần thể tích này là nhỏ, austenit dư có hình dạng ổn định tốt về tính đẳng hướng, với tỷ lệ các cạnh trung bình bằng 2,0 hoặc nhỏ hơn, và austenit dư là bền về mặt hóa

học, với lượng dung dịch rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn. Do đó, trong tấm thép có độ bền cao nêu trên, sự phá hủy bắt đầu từ austenit dư được ngăn ngừa.

Như mô tả trên đây, trong tấm thép có độ bền cao nêu trên, do sự phá hủy bắt đầu từ các hạt AlN và sự phá hủy bắt đầu từ austenit dư được ngăn ngừa, có thể thu được độ bền chống va đập tốt.

Sáng chế đã được hoàn thiện trên cơ sở các phát hiện này, và các đối tượng của sáng chế như sau đây.

(1) Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, chứa các nguyên tố sau (tính theo % khối lượng): C: 0,075 đến 0,300%, Si: 0,30 đến 2,50%, Mn: 1,30 đến 3,50%, P: 0,001 đến 0,050%, S: 0,0001 đến 0,0050%, Al: 0,001 đến 0,050%, Ti: 0,0010 đến 0,0150%, N: 0,0001 đến 0,0050%, và O: 0,0001 đến 0,0030%, với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi, và có cấu trúc tấm thép trong đó ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày qua 1/4 chiều dày tấm, từ 1 đến 8% austenit dư có mặt, tính theo phần thể tích, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 2,0 hoặc nhỏ hơn, lượng dung dịch-rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn, các hạt TiN có đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn được chứa, và mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn, trong đó độ bền kéo lớn nhất là 900 MPa hoặc lớn hơn.

(2) Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (1), trong đó cấu trúc tấm thép chứa, tính theo phần thể tích, từ 10 đến 75% ferit, một hoặc cả hai trong số ferit bainitic và bainit với tổng lượng từ 10 đến 50%, và từ 10 đến 50% martensit ram, và

trong đó peclit được giới hạn đến 5% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích, và martensit mới được giới hạn đến 15% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích.

(3) Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (1), trong đó tấm thép này còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số Nb: 0,0010 đến 0,0150%, V: 0,010 đến 0,150%, và B: 0,0001 đến 0,0100%.

(4) Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (1), trong

đó tấm thép này còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số Cr: 0,01 đến 2,00%, Ni: 0,01 đến 2,00%, Cu: 0,01 đến 2,00%, Mo: 0,01 đến 1,00%, và W: 0,01 đến 1,00%.

(5) Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (1), trong đó tấm thép này còn chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM với tổng lượng từ 0,0001 đến 0,5000% khối lượng.

(6) Tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (1), trong đó lớp mạ kẽm được tạo ra trên một bề mặt.

(7) Tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (6), trong đó màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được tạo ra trên bề mặt của lớp mạ kẽm.

(8) Phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, phương pháp này bao gồm: bước cán nóng, trong đó phôi tấm chứa các nguyên tố sau (tính theo % khối lượng): C: 0,075 đến 0,300%, Si: 0,30 đến 2,50%, Mn: 1,30 đến 3,50%, P: 0,001 đến 0,050%, S: 0,0001 đến 0,0050%, Al: 0,001 đến 0,050%, Ti: 0,0010 đến 0,0150%, N: 0,0001 đến 0,0050%, và O: 0,0001 đến 0,0030%, với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi được gia nhiệt đến nhiệt độ 1210°C hoặc cao hơn, bước làm giảm tiết diện được thực hiện trong điều kiện thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây ít nhất là trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C, bước làm giảm tiết diện được hoàn thiện ở nhiệt độ hoàn thiện cán nóng, mà nằm trong khoảng từ nhiệt độ cao hơn trong số 800°C hoặc điểm chuyển hóa Ar_3 đến nhiệt độ 970°C, bước cuộn được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng 750°C hoặc thấp hơn, và bước làm nguội được thực hiện ở tốc độ làm nguội trung bình là 15°C/giờ hoặc thấp hơn; bước cán nguội, trong đó việc cán nguội được thực hiện ở tỷ lệ làm giảm tiết diện từ 30 đến 75% sau bước cán nóng; và bước ủ liên tục để thực hiện, sau bước cán nguội, ủ mà trong đó việc gia nhiệt được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình 10°C/giây hoặc nhỏ hơn, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh đến nhiệt độ nằm giữa (điểm chuyển hóa $Ac_1 + 40$) và 1000°C, bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất đến 700°C ở tốc độ làm nguội trung bình từ 1,0 đến 10,0°C/giây, bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C ở tốc độ làm nguội

trung bình từ 5,0 đến 200,0°C/giây, và quá trình duy trì được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C trong từ 30 đến 1000 giây.

Biểu thức số học 1

$$1,0 \leq \left\{ \sum_{i=1}^N \left[\{-97,2 + 5,47 \cdot (T_{i+1} + T_i)^{1/2} - 0,067 \cdot (T_{i+1} + T_i)\}^2 \cdot \exp\left(-\frac{20800}{T_{i+1} + T_i}\right) \cdot t_i \cdot \varepsilon_i^{1/2} \right] \right\}^{1/2} \leq 5,0$$

Trong biểu thức 1, i thể hiện số rãnh cán, T_i thể hiện nhiệt độ làm việc của rãnh cán thứ i , t_i thể hiện thời gian trôi qua từ rãnh cán thứ i đến rãnh cán thứ $i+1$, và ε_i thể hiện tỷ lệ làm giảm tiết diện của rãnh cán thứ i .

(9) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, trong đó trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất theo mục (8), lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép bằng cách mạ kẽm bằng điện sau quá trình duy trì.

(10) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, trong đó trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất theo mục (8), sau khi làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C, tấm thép được nhúng trong bể mạ kẽm để tạo thành lớp mạ kẽm trên bề mặt của tấm thép trước quá trình duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C hoặc sau quá trình duy trì.

(11) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (10), trong đó sau khi được nhúng trong bể mạ kẽm, tấm thép được gia nhiệt lại đến 460 đến 600°C và được duy trì trong hai giây hoặc lâu hơn để làm hợp kim hóa lớp mạ kẽm.

(12) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (10), trong đó sau khi lớp mạ kẽm được tạo ra, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm.

(13) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo mục (11), trong đó sau khi lớp mạ kẽm được hợp kim hóa, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm được hợp kim hóa.

Hiệu quả của sáng chế

Trong tấm thép có độ bền cao theo sáng chế, do các hạt AlN và austenit dư được ngăn ngừa không cho hoạt động như điểm bắt đầu phá hủy, có thể thu được tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và có độ bền kéo lớn nhất bằng 900 MPa hoặc lớn hơn. Hơn nữa, theo phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và có độ bền kéo lớn nhất bằng 900 MPa hoặc lớn hơn. Hơn nữa, theo sáng chế, có thể tạo ra tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, trong đó lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các thành phần hóa học

Trước hết, các thành phần hóa học (thành phần) của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả. Lưu ý rằng [%] trong phần mô tả dưới đây thể hiện [% khối lượng].

Tấm thép có độ bền cao theo sáng chế chứa C: 0,075 đến 0,300%, Si: 0,30 đến 2,50%, Mn: 1,30 đến 3,50%, P: 0,001 đến 0,050%, S: 0,0001 đến 0,0050%, Al: 0,001 đến 0,050%, Ti: 0,0010 đến 0,0150%, N: 0,0001 đến 0,0050%, và O: 0,0001 đến 0,0030%, với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi.

“C: 0,075 đến 0,300%”

C được chứa để làm tăng độ bền của tấm thép có độ bền cao. Tuy nhiên, khi hàm lượng C cao hơn 0,300%, khả năng hàn trở nên không đủ. Đối với khả năng hàn, hàm lượng C tốt hơn là 0,250% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,220% hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, khi hàm lượng C nhỏ hơn 0,075%, độ bền thấp hơn và không thể đảm bảo độ bền kéo lớn nhất bằng 900 MPa hoặc lớn hơn. Để làm tăng độ bền, hàm lượng C tốt hơn là 0,090% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,100% hoặc lớn hơn.

“Si: 0,30 đến 2,50%”

Si là nguyên tố cần thiết để ngăn ngừa sự tạo thành của cacbua trên cơ sở sắt trong tấm thép và để làm tăng độ bền và khả năng tạo hình. Tuy nhiên, khi hàm lượng Si cao hơn 2,50%, tấm thép trở nên giòn, nên độ dẻo của nó bị suy

giảm. Đối với độ dẻo, hàm lượng Si tốt hơn là 2,20% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Si nhỏ hơn 0,30%, một lượng lớn của cacbua trên cơ sở sắt thô được tạo ra trong bước ủ, dẫn đến làm giảm độ bền và khả năng tạo hình. Xét về điều này, giá trị giới hạn dưới của Si tốt hơn là 0,50% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,70% hoặc lớn hơn.

“Mn: 1,30 đến 3,50%”

Mn được bổ sung vào tấm thép theo sáng chế để làm tăng độ bền của tấm thép. Tuy nhiên, khi hàm lượng Mn cao hơn 3,50%, phần tập trung Mn thô được tạo ra ở phần giữa chiều dày của tấm thép, điều này có khả năng làm cho sự hóa giòn và gây ra sự cố như nứt phôi tấm đúc. Hơn nữa, khi hàm lượng Mn cao hơn 3,50%, khả năng hàn cũng bị suy giảm. Do đó, hàm lượng Mn cần bằng 3,50% hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng hàn, hàm lượng Mn tốt hơn là 3,20% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 3,00% hoặc nhỏ hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Mn nhỏ hơn 1,30%, một lượng lớn của cấu trúc mềm được tạo ra trong khi làm nguội sau khi ủ, điều này làm cho khó đảm bảo độ bền kéo lớn nhất bằng 900 MPa hoặc lớn hơn. Do đó, hàm lượng Mn cần bằng 1,30% hoặc lớn hơn. Để làm tăng độ bền, hàm lượng Mn tốt hơn là 1,50% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 1,70% hoặc lớn hơn.

“P: 0,001 đến 0,050%”

P có xu hướng tách riêng ở phần giữa chiều dày của tấm thép và làm cho phần được hàn giòn hơn. Khi hàm lượng P cao hơn 0,050%, phần được hàn là rất giòn, và do đó, hàm lượng P được giới hạn đến 0,050% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng P, nhưng việc thiết đặt hàm lượng P đến nhỏ hơn 0,001% đi kèm với việc tăng mạnh chi phí sản xuất, và do đó, 0,001% được thiết đặt làm giá trị giới hạn dưới.

“S: 0,0001 đến 0,0050%”

S có ảnh hưởng bất lợi đến khả năng hàn và khả năng sản xuất ở thời điểm đúc và ở thời điểm cán nóng. Hơn nữa, S được liên kết với Ti tạo thành sulfua ngăn không cho Ti trở thành nitrua và gián tiếp gây ra sự tạo thành của Al nitrua, và do đó, giá trị giới hạn trên của hàm lượng S được điều chỉnh đến 0,0050%. Xét về điều này, hàm lượng S tốt hơn là 0,035% hoặc nhỏ hơn, và tốt

hơn nữa là 0,0025% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không giới hạn cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng S, nhưng việc điều chỉnh hàm lượng S đến nhỏ hơn 0,0001% đi kèm với việc tăng mạnh chi phí sản xuất, và do đó, 0,0001% được thiết đặt làm giá trị giới hạn dưới.

“Al: 0,001% đến 0,050%”

Al, khi được bổ sung với lượng lớn, tạo thành nitrua thô để hạ thấp trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp và làm suy giảm độ bền chống va đập, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng Al được điều chỉnh đến 0,050%. Để tránh sự tạo thành của nitrua thô, hàm lượng Al tốt hơn là 0,035% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng Al, nhưng việc điều chỉnh hàm lượng Al đến nhỏ hơn 0,001% đi kèm với việc tăng mạnh chi phí sản xuất, và do đó, 0,001% được thiết đặt làm giá trị giới hạn dưới. Hơn nữa, Al là nguyên tố hữu hiệu khi được dùng làm vật liệu khử oxy, và xét về điều này, hàm lượng Al tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn.

“N: 0,0001 đến 0,0050%”

Do N tạo thành nitrua thô đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp và bị suy giảm độ bền chống va đập, lượng bổ sung của nó cần phải được giảm. Khi hàm lượng N cao hơn 0,0050%, ảnh hưởng này trở nên đáng kể, và do đó, khoảng hàm lượng N được điều chỉnh đến 0,0050% hoặc nhỏ hơn. Xét về điều này, hàm lượng N tốt hơn là 0,0040% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng N, nhưng việc điều chỉnh hàm lượng N đến nhỏ hơn 0,0001% gây ra sự tăng mạnh chi phí sản xuất, và do đó, 0,0001% được thiết đặt làm giá trị giới hạn dưới.

“O: 0,0001 đến 0,0030%”

Do O tạo thành oxit thô và tạo thành điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp, hàm lượng của nó cần được giảm. Khi hàm lượng O cao hơn 0,0030%, ảnh hưởng này trở nên đáng kể, và do đó, giới hạn trên của hàm lượng O được điều chỉnh đến 0,0030% hoặc nhỏ hơn. Xét về điều này, hàm lượng O tốt hơn là 0,0020% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0010% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn

dưới của hàm lượng O, nhưng việc thiết đặt hàm lượng O đến nhỏ hơn 0,0001% đi kèm với việc tăng mạnh chi phí sản xuất, và do đó, 0,0001% được thiết đặt làm giới hạn dưới.

“Ti: 0,0010 đến 0,0150%”

Ti là nguyên tố mà tạo thành nitrua mịn thu được từ bước cán nóng trong điều kiện thích hợp và cản trở sự tạo thành của Al nitrua thô, và nó làm giảm điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp và cải thiện về độ bền chống va đập. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Ti cần bằng 0,0010% hoặc lớn hơn, và hàm lượng Ti tốt hơn là 0,0030% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Ti cao hơn 0,0150%, khả năng tạo hình của phần mềm trong tấm thép bị suy giảm do sự tách riêng của cacbonitrua mịn, mà thậm chí làm hạ thấp trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp. Do đó, hàm lượng Ti được điều chỉnh đến 0,0150% hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng tạo hình, hàm lượng Ti tốt hơn là 0,0120% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0100% hoặc nhỏ hơn.

Tấm thép có độ bền cao theo sáng chế còn có thể chứa các nguyên tố dưới đây khi cần thiết.

“Nb: 0,0010 đến 0,0150%”

Nb là nguyên tố mà tạo thành nitrua mịn do áp dụng bước cán nóng trong điều kiện thích hợp và cản trở sự tạo thành của Al nitrua thô, và nó làm giảm điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,0010% hoặc lớn hơn, và hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Nb cao hơn 0,0150%, khả năng tạo hình của phần mềm trong tấm thép bị suy giảm do sự tách riêng của cacbonitrua mịn, mà thậm chí làm hạ thấp trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp, và do đó, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,0150% hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng tạo hình, hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,0120% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,0100% hoặc nhỏ hơn.

“V: 0,010 đến 0,150%”

V là nguyên tố mà tạo thành nitrua mịn do áp dụng bước cán nóng trong điều kiện thích hợp và cản trở sự tạo thành của Al nitrua thô, và làm giảm điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng V

cần bằng 0,010% hoặc lớn hơn, và hàm lượng của nó tốt hơn là 0,030% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,050% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng V cao hơn 0,150%, khả năng tạo hình của phần mềm trong tấm thép bị suy giảm do sự tách riêng của cacbonitrua mịn, mà thậm chí làm hạ thấp trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp, và do đó, hàm lượng V tốt hơn là 0,150% hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng tạo hình, hàm lượng V tốt hơn nữa là 0,120% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,100% hoặc nhỏ hơn.

“B: 0,0001 đến 0,0100%”

B là nguyên tố mà tạo thành nitrua mịn do áp dụng hoạt động cán nóng trong điều kiện thích hợp và cản trở sự tạo thành của Al nitrua thô, và làm giảm điểm bắt đầu phá hủy ở các nhiệt độ thấp. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng B tốt hơn là 0,0001% hoặc lớn hơn, và hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Hơn nữa, B là nguyên tố mà cản trở sự chuyển hóa pha ở nhiệt độ cao và hữu hiệu trong việc làm tăng độ bền, và có thể được bổ sung nhiều hơn, nhưng khi hàm lượng B cao hơn 0,0100%, khả năng gia công trong khi gia công nóng bị suy giảm, dẫn đến làm suy giảm khả năng sản xuất, và do đó, hàm lượng B tốt hơn là 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Đối với khả năng sản xuất, hàm lượng B tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc nhỏ hơn.

“Cr: 0,01 đến 2,00%”

Cr là nguyên tố mà cản trở sự chuyển hóa pha ở nhiệt độ cao và hữu hiệu trong việc làm tăng độ bền, và có thể được bổ sung thay cho một phần của C và/hoặc Mn. Khi hàm lượng Cr cao hơn 2,00%, khả năng gia công trong khi gia công nóng bị suy giảm, dẫn đến làm suy giảm khả năng sản xuất, và do đó, hàm lượng Cr tốt hơn là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng Cr, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả tăng cường độ bền bởi Cr, hàm lượng Cr tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn.

“Ni: 0,01 đến 2,00%”

Ni là nguyên tố mà cản trở sự chuyển hóa pha ở nhiệt độ cao và hữu hiệu trong việc làm tăng độ bền, và có thể được bổ sung thay cho một phần của C và/hoặc Mn. Khi hàm lượng Ni cao hơn 2,00%, khả năng hàn bị suy giảm, và do

đó, hàm lượng Ni tốt hơn là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng Ni, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả tăng cường độ bền bởi Ni, hàm lượng Ni tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn.

“Cu: 0,01 đến 2,00%”

Cu là nguyên tố mà làm tăng độ bền khi tồn tại trong thép dưới dạng các hạt mịn, và có thể được bổ sung thay cho một phần của C và/hoặc Mn. Khi hàm lượng Cu cao hơn 2,00%, khả năng hàn bị suy giảm, và do đó, hàm lượng Cu tốt hơn là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng Cu, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả tăng cường độ bền bởi Cu, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn.

“Mo: 0,01 đến 1,00%”

Mo là nguyên tố mà cản trở sự chuyển hóa pha ở nhiệt độ cao và hữu hiệu trong việc làm tăng độ bền, và có thể được bổ sung thay cho một phần của C và/hoặc Mn. Khi hàm lượng Mo cao hơn 1,00%, khả năng gia công trong khi gia công nóng bị suy giảm, dẫn đến làm suy giảm khả năng sản xuất. Do đó, hàm lượng Mo tốt hơn là 1,00% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng Mo, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả tăng cường độ bền bởi Mo, hàm lượng Mo tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn.

“W: 0,01 đến 1,00%”

W là nguyên tố mà cản trở sự chuyển hóa pha ở nhiệt độ cao và hữu hiệu trong việc làm tăng độ bền, và có thể được bổ sung thay cho một phần của C và/hoặc Mn. Khi hàm lượng W cao hơn 1,00%, khả năng gia công trong khi gia công nóng bị suy giảm, dẫn đến làm suy giảm khả năng sản xuất, và do đó, hàm lượng W tốt hơn là 1,00% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng W, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả tăng cường độ bền bởi W, hàm lượng W tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn.

“Một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM với tổng lượng từ 0,0001 đến 0,5000%”

Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM là các nguyên tố hữu hiệu để nâng cao khả năng tạo hình, và một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số chúng có thể được bổ sung. Tuy nhiên, khi tổng hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM cao hơn 0,5000%, độ dẻo thậm chí có khả năng bị giảm. Do đó, tổng hàm lượng của các nguyên tố này tốt hơn là 0,5000% hoặc nhỏ hơn. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn dưới của hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM, nhưng để thu được đầy đủ hiệu quả cải thiện khả năng tạo hình của tấm thép, tổng hàm lượng của các nguyên tố này tốt hơn là 0,0001% hoặc lớn hơn. Đối với khả năng tạo hình, tổng hàm lượng của một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,0010% hoặc lớn hơn.

Lưu ý rằng REM là ký hiệu cho kim loại đất hiếm và chỉ nguyên tố thuộc dãy lantanoid. Theo sáng chế, REM và Ce thường được bổ sung dưới dạng kim loại misch, và các nguyên tố thuộc dãy lantanoid đôi khi được chứa ở dạng phức ngoài La và Ce. Ngay cả khi nguyên tố thuộc dãy lantanoid khác với La và Ce này được chứa dưới dạng các tạp chất không tránh khỏi, các hiệu quả của sáng chế được thể hiện. Ngay cả khi các kim loại La và Ce được bổ sung, các hiệu quả của sáng chế được thể hiện.

Cấu trúc tấm thép

Lý do tại sao cấu trúc của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế được quy định là như sau.

“Các hạt TiN”

Cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế chứa các hạt TiN có đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn. Các hạt TiN thô đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy, nhưng các hạt TiN mịn mà đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn không đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy. Đường kính hạt trung bình của các hạt TiN tốt hơn là 0,3 μm hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,1 μm hoặc nhỏ hơn để ngăn ngừa một cách hữu hiệu không cho các hạt TiN đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy và để cải thiện hơn nữa độ bền chống va đập của tấm thép có độ bền cao.

Đường kính hạt trung bình của các hạt TiN được nhận biết bởi phương pháp dưới đây, chẳng hạn.

Cụ thể là, mẫu thử dùng cho kính hiển vi điện tử truyền dẫn (TEM) chứa các hạt TiN được chuẩn bị từ mặt cắt ngang theo hướng chiều dày song song với hướng cán bởi phương pháp tách lặp lại, và 10 mẫu hoặc lớn hơn của các hạt TiN được quan sát nhờ sử dụng kính hiển vi điện tử truyền dẫn. Đường kính hạt của mỗi trong số các hạt TiN được định nghĩa là đường kính hình tròn có diện tích bằng phần nhô của hạt TiN thu được bằng cách phân tích hình ảnh. Sau đó, đường kính hạt của 10 mẫu hoặc lớn hơn của các hạt TiN được đo, và từ giá trị trung bình của nó, đường kính hạt trung bình của các hạt TiN được nhận biết.

“Các hạt AlN”

Hơn nữa, trong cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế, mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn. Các hạt AlN thô có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy. Trong cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế, do mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn, sự bắt đầu phá hủy từ các hạt AlN được ngăn ngừa. Để ngăn ngừa một cách hữu hiệu hơn sự bắt đầu phá hủy từ các hạt AlN, mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là 0,5 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,1 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, đường kính hạt trung bình của các hạt TiN và mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn có thể được đo ở phần chiều dày bất kỳ trong tấm thép ngoại trừ bề mặt ngoài cùng của tấm thép nơi lượng hạt là nhỏ. Ví dụ, tương tự với austenit dư, ferit, và v.v. nêu trên, tốt hơn là chúng được đo ở vị trí 1/8 đến 3/8 chiều dày dưới dạng diện tích thể hiện tấm thép, chẳng hạn.

Theo sáng chế, hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn có nghĩa là hạt AlN mà đường kính tương đương hình tròn d của chúng là 1 μm hoặc lớn hơn. Đường kính tương đương hình tròn d là đường kính của hình tròn có diện tích bằng diện tích phần nhô S của hạt thu được bằng cách phân tích hình ảnh, và được tính bởi biểu thức sau đây: $d = \sqrt{(4S/\pi)}$.

Mật độ của các hạt AlN theo sáng chế được nhận biết bởi phương pháp dưới đây, chẳng hạn.

Cụ thể là, diện tích $10,0 \text{ mm}^2$ hoặc lớn hơn của mặt cắt ngang theo hướng chiều dày song song với hướng cán được quan sát bằng cách sử dụng kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM), số lượng của hạt AlN $1 \text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được đếm, và mật độ của nó được tính. Lưu ý rằng các thành phần của các hạt AlN có thể được xác nhận bằng cách sử dụng quang phổ tia X phân tán năng lượng được gắn vào FE-SEM.

Cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế chứa 1 đến 8% austenit dư tính theo phần thể tích ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày qua $1/4$ chiều dày tấm, và tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 2,0 hoặc nhỏ hơn, và lượng dung dịch-rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn.

Phần thể tích của austenit dư mong muốn là 1 đến 8% trong toàn bộ cấu trúc tấm thép. Tuy nhiên, cấu trúc kim loại ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày qua $1/4$ chiều dày của tấm thép thể hiện cấu trúc của toàn bộ tấm thép. Do đó, nếu phần thể tích của austenit dư được chứa ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày của tấm thép là 1 đến 8%, có thể xem xét rằng phần thể tích của austenit dư được chứa trong toàn bộ cấu trúc của tấm thép là 1 đến 8%. Do đó, theo sáng chế, khoảng phần thể tích của austenit dư ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày của tấm thép nên được quy định.

Hơn nữa, tốt hơn là, ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày, cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế chứa, tính theo phần thể tích, từ 10 đến 75% ferit, một hoặc cả hai trong số ferit bainitic và bainit với tổng lượng từ 10 đến 50%, và 5 đến 50% martensit ram bên cạnh austenit dư, peclit được giới hạn đến 5% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích, và martensit mới được giới hạn đến 15% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích. Tấm thép có độ bền cao theo sáng chế có cấu trúc tấm thép như vậy có khả năng tạo hình tốt hơn.

Tương tự, các cấu trúc kim loại này như ferit được mong muốn trong khoảng xác định trong toàn bộ cấu trúc tấm thép. Tuy nhiên, cấu trúc kim loại ở vùng $1/8$ chiều dày đến $3/8$ chiều dày qua $1/4$ chiều dày của tấm thép thể hiện

cấu trúc của toàn bộ tấm thép. Do đó, nếu, ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày của tấm thép, từ 10 đến 75% ferit, một hoặc cả hai trong số ferit bainitic và bainit với tổng lượng từ 10 đến 50%, và 5 đến 50% martensit ram được chứa tính theo phần thể tích, peclit được giới hạn đến 5% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích, và martensit mới được giới hạn đến 15% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích, có thể coi các cấu trúc kim loại này như ferit là hầu như nằm trong khoảng xác định trong toàn bộ cấu trúc của tấm thép. Do đó, theo sáng chế, ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày của tấm thép, khoảng của các phần thể tích của các cấu trúc kim loại như ferit được quy định.

“Austenit dư”

Austenit dư cần phải được chứa trong khoảng không ảnh hưởng đến trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp để cải thiện mạnh độ bền và độ dẻo. Khi phần thể tích của austenit dư nhỏ hơn 1%, sự cải thiện về độ bền và độ dẻo là không đủ, và giá trị này được thiết đặt là giới hạn dưới. Đối với độ bền và khả năng tạo hình, lượng austenit dư tốt hơn là 1,5% hoặc lớn hơn, và tốt hơn là 2,0% hoặc lớn hơn. Mặt khác, do austenit dư đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy làm suy giảm mạnh khả năng uốn cong; phần thể tích của nó trong cấu trúc tấm thép cần phải được giới hạn đến 8% hoặc nhỏ hơn. Để làm tăng khả năng uốn cong, phần thể tích của austenit dư tốt hơn nữa là 6% hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, để ngăn ngừa sự bắt đầu phá hủy từ austenit dư, tốt hơn là austenit dư có hình dạng ổn định và bền vững về mặt hóa học.

Theo sáng chế, austenit dư có tỷ lệ trung bình của các cạnh là 2,0 hoặc nhỏ hơn và có hình dạng ổn định tốt đối với tính đẳng hướng. Để làm cho hình dạng của austenit dư ổn định hơn, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư tốt hơn là 1,8 hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 1,6 hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới của tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 1,0. Khi tỷ lệ trung bình của các cạnh cao hơn 2,0, phần của austenit dư dễ dàng chuyển hóa thành martensit khi được kéo căng ở các nhiệt độ thấp, sao cho điểm bắt đầu phá hủy được tạo ra, dẫn đến làm suy giảm trị số kéo vượt.

Theo sáng chế, lượng của dung dịch rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn “(lượng của dung dịch rắn Mn trong austenit dư/lượng trung bình của Mn) $\geq$ 1,1”, nhờ đó austenit dư được làm bền

vững hoá học. Để làm austenit dư bền vững hoá học hơn, lượng của dung dịch rắn Mn trong austenit dư tốt hơn là 1,2 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 1,3 lần hoặc lớn hơn. Giới hạn trên của nó không được đặt một cách cụ thể, nhưng việc thiết đặt đến 2,0 lần hoặc lớn hơn đòi hỏi thiết bị đặc biệt, và 2,0 lần được thiết đặt là giới hạn trên trong thực tế.

“Ferit”

Ferit là cấu trúc hữu hiệu để nâng cao trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp tốt hơn là được chứa trong cấu trúc tấm thép với lượng 10 đến 75% tính theo phần thể tích. Khi phần thể tích của ferit nhỏ hơn 10%, không thu được trị số kéo vượt đầy đủ. Đối với trị số kéo vượt, phần thể tích của ferit được chứa trong cấu trúc tấm thép tốt hơn là 15% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 20% hoặc lớn hơn. Mặt khác, do ferit là cấu trúc mềm, khi phần thể tích của nó cao hơn 75%, đôi khi không thu được đủ độ bền. Để tăng đầy đủ độ bền kéo của tấm thép, phần thể tích của ferit được chứa trong cấu trúc tấm thép tốt hơn là 65% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 50% hoặc nhỏ hơn.

“Peclit”

Khi lượng peclit là lớn, độ dẻo bị suy giảm. Từ đó, phần thể tích của peclit được chứa trong cấu trúc của tấm thép tốt hơn là được giới hạn đến 5% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 2% hoặc nhỏ hơn.

“Ferit bainitic, bainit”

Ferit bainit và bainit là các cấu trúc có sự cân bằng tốt giữa độ bền và độ dẻo, và cấu trúc tấm thép tốt hơn là chứa một hoặc cả hai trong số ferit bainit và bainit với tổng lượng từ 10 đến 50% phần thể tích. Hơn nữa, ferit bainit và bainit là các vi cấu trúc có độ bền trung gian giữa ferit mềm và martensit cứng và giữa martensit ram và austenit dư, và đối với khả năng uốn mép khi kéo căng, tốt hơn là tổng hàm lượng của chúng là 15% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 20% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tổng phần thể tích của ferit bainit và bainit cao hơn 50%, giới hạn chảy tăng lên quá mức làm suy giảm khả năng cố định hình dạng, mà không được ưu tiên. Hơn nữa, chỉ một trong số ferit bainit và bainit có thể được chứa, hoặc cả hai trong số chúng có thể được chứa.

“Martensit mới”

Martensit mới làm cải thiện nhiều độ bền kéo, nhưng mặt khác, đóng vai

trò như điểm bắt đầu phá hủy làm suy giảm mạnh trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp, và do đó phần thể tích của nó trong cấu trúc tấm thép tốt hơn là được giới hạn đến 15% hoặc nhỏ hơn. Để làm tăng trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp, phần thể tích của martensit mới tốt hơn nữa là 10% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 5% hoặc nhỏ hơn.

“Martensit ram”

Martensit ram là cấu trúc mà làm cải thiện nhiều độ bền kéo và có thể được chứa trong cấu trúc tấm thép là 50% phần thể tích hoặc nhỏ hơn. Đối với độ bền kéo, phần thể tích của martensit ram tốt hơn là 10% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi phần thể tích của martensit ram được chứa trong cấu trúc tấm thép cao hơn 50%, giới hạn chảy tăng lên quá mức và khả năng cố định hình dạng bị suy giảm, mà không được ưu tiên.

“Các loại khác”

Cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao có thể chứa các cấu trúc như xementit thô khác với nêu trên. Tuy nhiên, khi lượng xementit thô trở nên lớn trong cấu trúc tấm thép, khả năng uốn cong bị suy giảm. Từ đó, phần thể tích của xementit thô được chứa trong cấu trúc tấm thép tốt hơn là 10% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 5% hoặc nhỏ hơn.

Các phần thể tích của các cấu trúc tương ứng được chứa trong cấu trúc tấm thép của tấm thép có độ bền cao theo sáng chế có thể được đo bởi các phương pháp dưới đây, chẳng hạn.

Đối với phần thể tích của austenit dư, thử nghiệm nhiễu xạ tia-X được tiến hành trên bề mặt nhất định song song với bề mặt tấm của tấm thép và ở vùng nằm trong khoảng từ 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày, phần diện tích của austenit dư được tính, và phần diện tích này có thể được coi như phần thể tích ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày.

Vì cấu trúc ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày có tính đồng nhất cao, và bằng cách đo trong một khoảng đủ rộng, có thể thu được phần vi cấu trúc thể hiện phần ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày, phép đo được tiến hành ở vị trí bất kỳ trong 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày. Cụ thể là, tốt hơn là thử nghiệm nhiễu xạ tia-X được tiến hành trong phạm vi 250000 μm vuông hoặc rộng hơn trong bề mặt ở 1/4 chiều dày song song với bề mặt tấm của tấm thép.

Hơn nữa, các phần của vi cấu trúc (ferit, ferit bainitic, bainit, martensit ram, peclit, martensit mới) ngoại trừ austenit dư có thể được đo bằng cách quan sát ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày bởi kính hiển vi điện tử. Cụ thể là, một bề mặt vuông góc với bề mặt tấm của tấm thép nền và song song với hướng cán (hướng giảm tiết diện) được đặt dùng làm bề mặt quan sát, và mẫu thử được lấy từ đó, và bề mặt quan sát được đánh bóng và khắc ăn mòn bằng nital. Sau đó, vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày qua 1/4 chiều dày tấm được quan sát bởi kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) để đo diện tích. Trong trường hợp này, ví dụ, việc quan sát bằng kính hiển vi điện tử được tiến hành trong ba hoặc nhiều vùng được đặt ở khoảng cách 1 mm hoặc lớn hơn ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày. Sau đó, các phần diện tích của các cấu trúc tương ứng như ferit trong vùng quan sát có tổng diện tích 5000 μm^2 vuông hoặc rộng hơn được tính toán, và các phần diện tích này có thể coi như các phần thể tích của các cấu trúc tương ứng ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày.

Ferit là hạt tinh thể hình quặng vàng và ở vùng trong đó cacbua trên cơ sở sắt có trục chính 100 nm hoặc lớn hơn không tồn tại. Lưu ý rằng phần thể tích của ferit là tổng của phần thể tích của ferit tồn tại ở nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất và phần thể tích của ferit mới sinh ở vùng nhiệt độ chuyển hóa ferit.

Ferit bainit là khối kết tập của các hạt tinh thể hình thanh và không chứa, bên trong thanh, cacbua trên cơ sở sắt có trục chính 20 nm hoặc lớn hơn.

Bainit là khối kết tập của các hạt tinh thể hình thanh và có, bên trong thanh, các cacbua góc-sắt có trục chính 20 nm hoặc lớn hơn, và các cacbua này thuộc một biến thể duy nhất, tức là, thuộc nhóm cacbua trên cơ sở sắt kéo dài theo cùng hướng. Ở đây, nhóm cacbua trên cơ sở sắt kéo dài theo cùng hướng có nghĩa là độ chênh lệch hướng kéo dài trong nhóm sắt-cacbua nằm trong khoảng 5° .

Martensit ram là khối kết tập của các hạt tinh thể hình thanh và có, bên trong thanh, các cacbua góc-sắt có trục chính 20 nm hoặc lớn hơn, và các cacbua này thuộc nhiều biến thể, tức là, các nhóm cacbua trên cơ sở sắt kéo dài theo các hướng khác nhau.

Bằng cách quan sát các cacbua góc-sắt bên trong các hạt tinh thể hình thanh nhờ sử dụng FE-SEM và kiểm tra hướng kéo dài của chúng, có thể dễ

dễ dàng phân biệt giữa bainit và martensit ram.

Hơn nữa, martensit mới và austenit dư không được ăn mòn đủ bằng cách khắc ăn mòn nital. Do đó, khi quan sát bởi FE-SEM, chúng có thể dễ dàng được phân biệt với các cấu trúc nêu trên (ferit, ferit bainitic, bainit, và martensit ram).

Do đó, phần thể tích của martensit mới được tìm dưới dạng chênh lệch giữa phần diện tích của vùng chưa được ăn mòn được quan sát bởi FE-SEM và phần diện tích của austenit dư được đo bởi tia X.

Lớp mạ kẽm

Hơn nữa, sáng chế có thể đề xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, trong đó lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép có độ bền cao. Lớp mạ kẽm có thể được hợp kim hóa. Khi lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép có độ bền cao, tấm thép có độ bền chống ăn mòn tốt. Hơn nữa, khi lớp mạ kẽm được hợp kim hóa được tạo ra trên bề mặt của tấm thép có độ bền cao, tấm thép có độ bền chống ăn mòn tốt và có độ bám dính với vật liệu phủ tốt. Hơn nữa, lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa có thể chứa Al dưới dạng các tạp chất.

Lớp mạ kẽm được hợp kim hóa có thể chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi, Sr, I, Cs, và REM, hoặc chúng có thể được trộn lẫn trong đó. Ngay cả khi lớp mạ kẽm được hợp kim hóa chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố nêu trên, hoặc chúng được trộn lẫn trong đó, các hiệu quả của sáng chế không bị suy giảm, và tùy theo hàm lượng của nó, đôi khi điều này được ưu tiên do độ bền chống ăn mòn và khả năng gia công được cải thiện.

Xét đến trọng lượng phủ của lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa, không có giới hạn cụ thể, nhưng trọng lượng phủ mong muốn là 20 g/m² hoặc lớn hơn đối với độ bền chống ăn mòn và 150 g/m² hoặc nhỏ hơn xét về quan điểm kinh tế. Hơn nữa, chiều dày trung bình của lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa được điều chỉnh đến không ít hơn 1,0 μm cũng không nhiều hơn 50 μm. Khi chiều dày trung bình nhỏ hơn 1,0 μm, không thu được đủ độ bền chống ăn mòn. Tốt hơn nếu, chiều dày trung bình là 2,0 μm hoặc lớn hơn. Mặt khác, chiều dày trung bình cao hơn 50,0 μm không được ưu tiên do điều này không kinh tế và ảnh hưởng đến độ bền của tấm thép. Đối với

chi phí vật liệu, chiều dày của lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa tốt hơn là càng nhỏ càng tốt, tốt hơn là 30,0 μm hoặc nhỏ hơn.

Đối với chiều dày trung bình của lớp mạ, mặt cắt ngang theo hướng chiều dày song song với hướng cán của tấm thép được đánh bóng gương, mặt cắt ngang này được quan sát nhờ sử dụng FE-SEM, và chiều dày của lớp mạ được đo ở năm điểm trên mỗi bề mặt trước và bề mặt sau của tấm thép, với tổng lượng là mười điểm, và giá trị trung bình của các giá trị đo được đặt là chiều dày của lớp mạ.

Hơn nữa, khi áp dụng quy trình hợp kim hóa, hàm lượng sắt của lớp mạ kẽm được hợp kim hóa được điều chỉnh đến 8,0% hoặc lớn hơn tốt hơn là 9,0% hoặc lớn hơn để đảm bảo độ bền chống tróc bề mặt tốt. Hơn nữa, để đảm bảo độ bền chống tạo bột tốt, hàm lượng của sắt trong lớp mạ kẽm được hợp kim hóa được điều chỉnh đến 12,0% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn là 11,0% hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, theo sáng chế, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho có thể được tạo ra trên bề mặt của lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa nêu trên. Màng phủ được tạo ra bởi oxit hỗn hợp chứa phospho oxit và/hoặc phospho có thể đóng vai trò như chất bôi trơn khi tấm thép được gia công, và có thể bảo vệ lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép.

Phương pháp sản xuất

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Để sản xuất tấm thép có độ bền cao theo sáng chế, phôi tấm có các thành phần hóa học (thành phần) nêu trên trước hết được tạo ra bằng cách đúc.

Đối với phôi tấm cần được cán nóng, phôi tấm đúc liên tục hoặc được sản xuất bằng thiết bị đúc phôi tấm mỏng hoặc tương tự đều sử dụng được. Phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao theo sáng chế so sánh được với phương pháp như cán trực tiếp-đúc liên tục (CC-DR), trong đó bước cán nóng được thực hiện ngay sau khi đúc.

Bước cán nóng

Trong bước cán nóng, nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm cần bằng 1210°C hoặc cao hơn để đủ làm nóng chảy hạt lẫn trên cơ sở Ti được tạo ra ở thời điểm đúc

và hòa tan đồng đều thể rắn Ti trong thép, tốt hơn là 1225°C hoặc cao hơn. Hơn nữa, khi nhiệt độ gia nhiệt ủ là quá thấp, nhiệt độ hoàn thiện cán trở nên thấp hơn điểm chuyển hóa Ar_3 . Kết quả là, việc cán được thực hiện trong vùng hai pha của ferit và austenit, cấu trúc ủ cán nóng trở thành cấu trúc hạt kép dị thể, và ngay cả sau bước cán nguội và bước ủ liên tục, cấu trúc dị thể không biến mất, dẫn đến tấm thép có độ dẻo và khả năng uốn cong kém. Hơn nữa, sự giảm nhiệt độ gia nhiệt ủ dẫn đến tăng quá mức tải trọng cán, liên quan đến lo ngại rằng quá trình cán trở nên khó khăn và hình dạng của tấm thép đã trải qua bước cán trở nên kém. Các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt ủ, nhưng việc tăng quá mức nhiệt độ gia nhiệt là không được ưu tiên xét về quan điểm kinh tế, và do đó, giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt ủ mong muốn là 1350°C hoặc thấp hơn.

Điểm chuyển hóa Ar_3 được tính toán bởi biểu thức dưới đây.

$$Ar_3 = 901 - 325 \times C + 33 \times Si - 92 \times (Mn + Ni/2 + Cr/2 + Cu/2 + Mo/2) + 52 \times Al$$

Trong biểu thức nêu trên, C, Si, Mn, Ni, Cr, Cu, Mo, và Al là các hàm lượng [% khối lượng] của các nguyên tố tương ứng. Các nguyên tố không được chứa được tính là 0.

Theo sáng chế, sau khi gia nhiệt đến nhiệt độ gia nhiệt ủ nêu trên, bước làm giảm tiết diện được thực hiện trong điều kiện thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây ở khoảng nhiệt độ ít nhất là 1100 đến 1000°C. Trong biểu thức 1, i thể hiện số rãnh cán, T_i thể hiện nhiệt độ làm việc của rãnh cán thứ i , t_i là thời gian trôi qua từ rãnh cán thứ i đến rãnh cán thứ $i+1$, và ε_i thể hiện tỷ lệ làm giảm tiết diện của rãnh cán thứ i .

Biểu thức số học 2

$$1,0 \leq \left\{ \sum_{i=1}^N \left[\left\{ -97,2 + 5,47 \cdot (T_{i+1} + T_i)^{1/2} - 0,067 \cdot (T_{i+1} + T_i) \right\}^2 \cdot \exp \left(-\frac{20800}{T_{i+1} + T_i} \right) \cdot t_i \cdot \varepsilon_i^{1/2} \right] \right\}^{1/2} \leq 5,0$$

Để sản xuất tấm thép chứa các hạt TiN mịn trong khi ngăn ngừa sự tạo thành của Ti nitrua thô và Al nitrua, một lượng lớn của các sự chuyển vị cho vị trí tạo thành của Ti nitrua cần phải được đưa vào trong thép nhờ cán nóng ở

khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C. Tuy nhiên, ở nhiệt độ nằm trong khoảng 1100 đến 1000°C, sự chuyển vị gây ra bằng cách gia công dễ dàng bị ngăn chặn do sự khuếch tán của nguyên tử Fe. Do đó, bước gia công (giảm tiết diện) mà nhờ đó một lượng ứng suất đủ để tạo thành sự chuyển vị thu được cần phải được thực hiện liên tục trong thời gian tương đối ngắn. Tức là, số rãnh cán cần phải nhiều, thời gian trôi qua giữa các rãnh cán liên kế cần phải ngắn, và nhiệt độ làm việc và mức độ giảm tiết diện trong mỗi rãnh cán cần được điều chỉnh một cách thích hợp.

Trong bước cán nóng, sau khi phôi tấm được lấy ra khỏi lò nung, có thể thực hiện giảm tiết diện trong số lượng tùy ý của các rãnh cán ở khoảng nhiệt độ lên đến nhiệt độ hoàn thiện cán mà giới hạn dưới của nó là giá trị cao hơn trong hai giá trị 850°C và nhiệt độ Ar_3 . Trong bước cán nóng, việc làm giảm tiết diện được thực hiện trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C có ảnh hưởng lớn đến trạng thái phân tán của các hạt TiN và AlN không chắc chắn, và do đó, điều kiện bước cán nóng trong cùng khoảng nhiệt độ được quy định nhờ sử dụng biểu thức 1.

Việc làm giảm tiết diện được thực hiện ở khoảng nhiệt độ trên 1100°C không ảnh hưởng đến trạng thái phân tán của các hạt TiN và AlN không chắc chắn do sự chuyển vị được tạo ra ở thời điểm chuyển hóa đã ngăn chặn tức thời và không đóng vai trò như vị trí phân tách của TiN. Mặt khác, nhờ áp dụng hoạt động cán ở khoảng nhiệt độ thấp hơn 1000°C, sự tạo thành của các nhân hạt mà làm thô TiN và AlN được hoàn thiện, và bước cán sau đó (ở khoảng nhiệt độ thấp hơn 1000°C) không ảnh hưởng đến trạng thái phân tán của các hạt TiN và AlN không chắc chắn.

Nói chung, trong khoảng thời gian từ khi phôi tấm được lấy ra khỏi lò nung đến khi việc cán được hoàn thiện, hoạt động cán trên từ 8 đến 25 rãnh cán được thực hiện. Việc làm giảm tiết diện ở trong khoảng 1100°C đến 1000°C được thực hiện trên 2 đến 10 rãnh cán. Nói chung, việc làm giảm tiết diện ở khoảng nhiệt độ này bắt đầu ở độ dày tấm từ 200 đến 500 mm, và bước cán được thực hiện đến độ dày tấm từ 10 đến 50 mm. Chiều rộng tấm thường là 500 đến 2000 mm. Lưu ý rằng nhiệt độ của tấm thép là nhiệt độ trên bề mặt, và mặc dù phương pháp đo nhiệt độ này có thể là phương pháp đo bất kỳ, nhiệt độ có

thể được đo trực tiếp nhờ sử dụng cặp nhiệt điện, chẳng hạn.

Trong biểu thức 1, cụ thể là, số lượng i của các rãnh cán có thể từ 2 đến 10, tốt hơn là ở khoảng từ 5 đến 8, chẳng hạn. Thời gian trôi qua từ rãnh cán thứ i đến rãnh cán thứ $i+1$ có thể từ 2 đến 300 giây, tốt hơn là từ 5 đến 180 giây, và tốt hơn nữa là từ 10 đến 120 giây.

Hơn nữa, nhiệt độ làm việc của rãnh cán thứ nhất là rãnh cán đầu tiên trong bước cán nóng ở nhiệt độ nằm trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C có thể từ 1100 đến 1050°C, và tốt hơn là từ 1090 đến 1065°C. Tỷ lệ làm giảm tiết diện của rãnh cán thứ i có thể từ 5 đến 50%, và tốt hơn là từ 15 đến 35%.

Trong biểu thức 1, mà là biểu thức thí nghiệm biểu thị thuộc tính tạo thành các hạt TiN, khoảng cách khuếch tán nguyên tử được biểu thị bởi kết quả của đa thức thể hiện lực dẫn động tạo thành hạt, đa thức thể hiện hệ số khuếch tán của nguyên tử, và thời gian t , và lượng sự chuyển vị được đưa vào khi gia công được biểu thị đại diện bởi lượng ứng suất ϵ , và chúng được nhân lên. Khi giá trị được biểu thị bởi biểu thức 1 giảm xuống 1,0, sự tạo thành của TiN là không đủ, dung dịch rắn N vẫn ở lại cho đến thời điểm cán nóng đến 1000°C, và AlN thô được tạo ra. Mặt khác, khi giá trị được biểu thị bởi biểu thức 1 cao hơn 5,0, sự tạo thành của TiN trở nên lớn quá mức, TiN được thúc đẩy trở thành TiN thô, và thậm chí đặc tính này bị suy giảm.

Theo sáng chế, bằng cách thực hiện việc làm giảm tiết diện ở nhiệt độ nằm trong khoảng ít nhất là 1100 đến 1000°C trong điều kiện thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên, thời gian trôi qua giữa các rãnh cán liên kế được điều chỉnh tương đối ngắn và nhiệt độ làm việc và tỷ lệ làm giảm tiết diện trong mỗi rãnh cán được điều chỉnh một cách thích hợp, và do đó, một lượng lớn các chuyển vị là vị trí tạo thành Ti nitrua có thể được đưa vào trong thép, và Ti nitrua mịn có thể được tạo ra trong thép. Lưu ý rằng việc làm giảm tiết diện được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng trên 1100°C và việc làm giảm tiết diện được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng thấp hơn 1000°C không bị giới hạn cụ thể. Ví dụ, việc làm giảm tiết diện có thể được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng trên 1100°C trong điều kiện thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên hoặc có thể được thực hiện trong điều kiện không thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên. Theo cách khác, việc làm giảm tiết diện ở nhiệt độ nằm trong khoảng trên 1100°C không cần

được thực hiện. Tương tự, việc làm giảm tiết diện ở nhiệt độ nằm trong khoảng thấp hơn 1000°C có thể được thực hiện trong điều kiện thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên hoặc có thể được thực hiện trong điều kiện không thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên.

Theo sáng chế, sau bước cán nóng được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng ít nhất là 1100 đến 1000°C trong điều kiện thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên, bước cán nóng được hoàn thiện ở nhiệt độ hoàn thiện cán nóng, mà nằm trong khoảng từ nhiệt độ cao hơn trong số 800°C hoặc điểm chuyển hóa Ar_3 đến nhiệt độ 970°C , và bước cuộn được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng 750°C hoặc thấp hơn. Lưu ý rằng chiều dày tấm sau khi cán hoàn thiện bằng, ví dụ, từ 2 mm đến 10 mm . Khi nhiệt độ hoàn thiện cán thấp hơn 800°C , tải trọng cán ở thời điểm cán hoàn thiện trở nên cao, có thể làm cho bước cán nóng trở nên khó khăn và làm cho hình dạng của tấm thép cán nóng thu được sau bước cán nóng xấu. Hơn nữa, khi nhiệt độ hoàn thiện cán thấp hơn điểm chuyển hóa Ar_3 , bước cán nóng trở thành cán ở vùng hai pha của ferit và austenit, mà đôi khi làm cho cấu trúc của tấm thép cán nóng là cấu trúc hạt kép dị thể. Mặt khác, khi giới hạn trên của nhiệt độ hoàn thiện cán là 970°C hoặc cao hơn, sự tạo thành của TiN trở nên không đủ, và có khả năng là N dư tạo thành nitrua với Al .

Theo sáng chế, trong bước cán nóng, bước cán nóng được thực hiện ở nhiệt độ nằm trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C trong điều kiện thỏa mãn biểu thức 1 nêu trên, và bước cán nóng được hoàn thiện ở nhiệt độ hoàn thiện cán tức là nằm trong khoảng từ nhiệt độ cao hơn trong số 800°C hoặc điểm chuyển hóa Ar_3 đến nhiệt độ 970°C , điều này giúp cho có thể ngăn ngừa sự tạo thành của Ti nitrua thô ở nhiệt độ nằm trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C và để tạo thành các hạt TiN mịn trong khoảng thời gian cho đến khi nhiệt độ đạt đến nhiệt độ hoàn thiện cán nóng từ 1000°C . Kết quả là, tấm thép có độ bền cao thu được cuối cùng có độ bền chống va đập tốt.

Để ngăn ngừa sự suy giảm khả năng tẩy gỉ do tăng quá mức chiều dày của oxit được tạo ra trên bề mặt của tấm thép cán nóng, nhiệt độ cuộn được điều chỉnh đến 750°C hoặc thấp hơn. Để làm tăng cường hơn nữa khả năng tẩy gỉ, nhiệt độ cuộn tốt hơn là 720°C hoặc thấp hơn, và tốt hơn nữa là 700°C hoặc thấp hơn.

Mặt khác, khi nhiệt độ cuộn thấp hơn 500°C , độ bền của tấm thép cán nóng tăng lên quá mức và bước cán nguội trở nên khó khăn, và do đó, nhiệt độ cuộn tốt hơn là 500°C hoặc cao hơn. Để làm giảm tải trọng của bước cán nguội, nhiệt độ cuộn tốt hơn là 550°C hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là 600°C hoặc cao hơn.

Tiếp theo, tấm thép cán nóng được cuộn ở khoảng nhiệt độ nêu trên được làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình là $15^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ hoặc thấp hơn. Do đó, sự phân bố của Mn được hòa tan ở dạng rắn trong tấm thép được thúc đẩy, điều này làm cho có thể để lại một cách chọn lọc austenit dư ở vùng mà Mn được tập trung và làm tăng lượng dung dịch rắn Mn trong austenit dư. Kết quả là, tấm thép có độ bền cao thu được cuối cùng trở thành tấm trong đó lượng dung dịch rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn. Mức độ phân bố của Mn sau khi cuộn ở nhiệt độ càng cao thì càng cao. Do đó, cần phải điều chỉnh tốc độ làm nguội của tấm thép đến $15^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ hoặc thấp hơn, đặc biệt là trong khoảng từ nhiệt độ cuộn (nhiệt độ cuộn – 50°C).

Tiếp theo, tấm thép cán nóng được sản xuất như vậy tốt hơn là được tẩy gỉ. Bước tẩy gỉ là quan trọng để nâng cao khả năng mạ của tấm thép do nó loại bỏ oxit trên bề mặt của tấm thép cán nóng. Hơn nữa, bước tẩy gỉ có thể được thực hiện một lần hoặc có thể được thực hiện trong nhiều giai đoạn riêng biệt.

Bước cán nguội

Tiếp theo, để cho austenit dư có hình dạng ổn định tốt đối với tính đẳng hướng, tấm thép cán nóng đã trải qua bước tẩy gỉ được cho cán nguội, trong đó nó được cán nguội ở tỷ lệ làm giảm tiết diện từ 30 đến 75%. Khi tỷ lệ làm giảm tiết diện nhỏ hơn 30%, austenit dư không thể có hình dạng ổn định, và trong tấm thép có độ bền cao thu được cuối cùng, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư không là 2,0 hoặc nhỏ hơn. Để austenit dư có hình dạng ổn định, tỷ lệ làm giảm tiết diện trong bước cán nguội tốt hơn là 40% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 45% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi tỷ lệ làm giảm tiết diện trong bước cán nguội cao hơn 75%, tải trọng cán nguội trở nên quá lớn và bước cán nguội trở nên khó khăn. Do đó, tỷ lệ làm giảm tiết diện tốt hơn là 75% hoặc nhỏ hơn. Đối với tải trọng cán nguội, tỷ lệ làm giảm tiết diện tốt hơn nữa là 70% hoặc nhỏ hơn.

Lưu ý rằng các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không quy định

cụ thể số lượng của rãnh cán và tỷ lệ làm giảm tiết diện của mỗi rãnh cán trong bước cán nguội.

Bước ủ liên tục

Tiếp theo, tấm thép cán nguội thu được sau bước cán nguội được cho bước ủ liên tục, trong đó nó đi qua dây chuyền ủ liên tục. Trong bước ủ liên tục theo sáng chế, bước ủ được thực hiện, trong đó việc gia nhiệt được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình 10°C/giây hoặc nhỏ hơn, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh đến (điểm chuyển hóa $A_{c1} + 40$) đến 1000°C, và bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất đến 700°C ở tốc độ làm nguội trung bình từ 1,0 đến 10,0°C/giây, bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C ở tốc độ làm nguội trung bình từ 5,0 đến 200,0°C/giây, và quá trình duy trì được thực hiện trong từ 30 đến 1000 giây ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C. Do đó, thu được tấm thép có độ bền cao theo sáng chế.

Trong bước ủ liên tục, nhờ gia nhiệt ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình 10°C/giây hoặc nhỏ hơn, việc tái kết tinh của tấm thép cán nguội xảy ra đủ, austenit dư có hình dạng ổn định tốt hơn đối với tính đẳng hướng, và austenit dư cuối cùng có hình dạng gần với hình cầu. Khi tốc độ gia nhiệt trung bình ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C cao hơn 10°C/giây, austenit dư không thể có hình dạng ổn định.

Hơn nữa, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong bước ủ liên tục là thấp hơn (điểm chuyển hóa $A_{c1} + 40$)°C, nhiều các cacbua gốc-sắt thô còn lại không nóng chảy trong tấm thép và khả năng tạo hình bị suy giảm mạnh, và do đó nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh đến (điểm chuyển hóa $A_{c1} + 40$)°C hoặc cao hơn. Đối với khả năng tạo hình, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất tốt hơn là (điểm chuyển hóa $A_{c1} + 50$)°C hoặc cao hơn, và tốt hơn nữa là (điểm chuyển hóa $A_{c1} + 60$)°C hoặc cao hơn. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất là cao hơn 1000°C, sự khuếch tán của các nguyên tử được thúc đẩy và sự phân bố của Si, Mn, và Al yếu đi, và do đó, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh đến 1000°C hoặc thấp hơn. Để điều chỉnh lượng của Si, Mn, và Al trong austenit dư, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất tốt hơn là điểm chuyển hóa A_{c3} hoặc thấp hơn.

Ở nhiệt độ nằm trong khoảng nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất đến 700°C, khi

tốc độ làm nguội trung bình cao hơn $10,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, phần ferit trong tấm thép có khả năng không đều, dẫn đến làm suy giảm khả năng tạo hình, và do đó, giới hạn trên của tốc độ làm nguội trung bình được điều chỉnh đến $10,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Mặt khác, khi tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn $1,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, ferit và peclit được tạo ra với lượng lớn và austenit dư không thu được, và do đó, giới hạn dưới của tốc độ làm nguội trung bình được điều chỉnh đến $1,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Để thu được austenit dư, tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là $2,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là $3,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn.

Ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C , khi tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn $5,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhỏ hơn, peclit và/hoặc cacbua trên cơ sở sắt được tạo ra với lượng lớn và austenit dư không sót lại, và do đó, giới hạn dưới của tốc độ làm nguội trung bình được điều chỉnh đến $5,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Xét về điều này, tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là $7,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là $8,0^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn. Mặt khác, các hiệu quả của sáng chế được thể hiện mà không có sự thiết đặt một cách cụ thể giới hạn trên của tốc độ làm nguội trung bình, nhưng để tốc độ làm nguội trung bình cao hơn $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, cần có thiết bị đặc biệt, và giới hạn trên của tốc độ làm nguội trung bình được điều chỉnh đến $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ khi xét đến chi phí.

Hơn nữa, để thúc đẩy sự chuyển hóa bainit để thu được austenit dư, quá trình duy trì để duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C trong từ 30 đến 1000 giây được thực hiện. Khi thời gian duy trì là ngắn, sự chuyển hóa bainit không xảy ra và nồng độ của C vào trong austenit dư trở nên không đủ, nên austenit dư không thể ở lại đủ. Xét về điều này, giới hạn dưới của thời gian duy trì được điều chỉnh đến 30 giây. Thời gian duy trì tốt hơn là 40 giây hoặc dài hơn, và tốt hơn nữa là 60 giây hoặc dài hơn. Mặt khác, khi thời gian duy trì quá dài, cacbua trên cơ sở sắt được tạo ra, C được tiêu thụ bởi cacbua trên cơ sở sắt này, và austenit dư không thể thu được đầy đủ, và do đó, thời gian duy trì được điều chỉnh đến 1000 giây hoặc ngắn hơn. Xét về điều này, thời gian duy trì tốt hơn là 800 giây hoặc ngắn hơn, và tốt hơn nữa là 600 giây hoặc ngắn hơn.

Hơn nữa, theo sáng chế, trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất nêu trên, việc mạ kẽm bằng điện có thể được áp dụng sau quá trình duy trì nêu trên để tạo thành lớp mạ kẽm trên bề mặt của tấm thép, nhờ đó tạo thành tấm

thép mạ kẽm có độ bền cao.

Hơn nữa, theo sáng chế, trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất nêu trên, sau khi làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C, tấm thép có thể được nhúng trong bể mạ kẽm trước quá trình duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C hoặc sau quá trình duy trì, để tạo thành lớp mạ kẽm trên bề mặt của tấm thép, nhờ đó tạo thành tấm thép mạ kẽm có độ bền cao.

Do đó thu được tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt mà trên bề mặt của nó lớp mạ kẽm được tạo ra.

Bể mạ kẽm không bị giới hạn cụ thể, và ngay cả khi bể mạ kẽm chứa một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số Pb, Sb, Si, Sn, Mg, Mn, Ni, Cr, Co, Ca, Cu, Li, Ti, Be, Bi, Sr, I, Cs, và REM, các hiệu quả của sáng chế không bị suy giảm, và tùy theo lượng của nó, có lợi ích như cải thiện về độ bền chống ăn mòn và khả năng gia công. Hơn nữa, Al có thể được chứa trong bể mạ kẽm. Trong trường hợp này, nồng độ Al trong bể tốt hơn là không thấp hơn 0,05% cũng không cao hơn 0,15%.

Hơn nữa, nhiệt độ sau khi xử lý hợp kim hóa tốt hơn là 480 đến 560°C, và thời gian duy trì trong bước xử lý hợp kim hóa tốt hơn là 15 đến 60 giây.

Hơn nữa, sau khi tấm thép được nhúng trong bể mạ kẽm, bước xử lý hợp kim hóa có thể được áp dụng trong tấm thép này được gia nhiệt lại đến 460°C đến 600°C và được duy trì trong 2 giây hoặc lớn hơn, nhờ đó lớp mạ kẽm được hợp kim hóa.

Nhờ thực hiện bước xử lý hợp kim hóa như vậy, hợp kim Zn-Fe mà là lớp mạ kẽm được hợp kim hóa được tạo ra trên bề mặt, tấm thép mạ kẽm có độ bền cao có lớp mạ kẽm được hợp kim hóa trên bề mặt thu được.

Hơn nữa, trên bề mặt của lớp mạ kẽm hoặc lớp mạ kẽm được hợp kim hóa của tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho có thể được phủ.

Theo phương án này, bước xử lý hợp kim hóa tốt hơn là tiếp theo được duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 200 đến 350°C trong từ 30 đến 1000 giây. Do đó, cấu trúc tấm thép chứa martensit ram.

Hơn nữa, thay vì duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 200 đến 350°C trong từ 30 đến 1000 giây sau khi bước xử lý hợp kim hóa, martensit ram có thể được tạo ra

bằng cách làm nguội tấm thép đã trải qua bước xử lý hợp kim hóa đến 350°C hoặc thấp hơn để tạo thành martensit, sau đó gia nhiệt lại tấm thép đến khoảng nhiệt độ không thấp hơn 350°C cũng không cao hơn 550°C , tiếp theo là duy trì thêm trong 2 giây. Theo cách khác, martensit ram được tạo ra trong cấu trúc cơ bản của tấm thép cũng bằng cách làm nguội tiếp tấm thép, mà đã được làm nguội đến khoảng nhiệt độ 500°C hoặc thấp hơn trong bước ủ liên tục, đến 350°C hoặc thấp hơn để tạo thành martensit, và sau đó gia nhiệt tấm thép, tiếp theo là duy trì ở 400 đến 500°C .

Lưu ý rằng sáng chế không bị giới hạn ở ví dụ nêu trên.

Ví dụ, để cải thiện độ bám dính lớp mạ, tấm thép trước khi được ủ có thể được mạ với một hoặc nhiều thành phần được chọn từ Ni, Cu, Co, và Fe.

Hơn nữa, theo phương án này, tấm thép đã trải qua ủ có thể được thực hiện cán nhằm mục đích hiệu chỉnh hình dạng. Tuy nhiên, khi mức độ giảm tiết diện sau khi ủ cao hơn 10%, phần ferit mềm được hóa cứng khi gia công, dẫn đến giảm mạnh độ dẻo, và do đó, tỷ lệ làm giảm tiết diện tốt hơn là nhỏ hơn 10%.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn nhờ sử dụng các ví dụ.

Các phôi tấm có các thành phần hóa học (thành phần) A đến AF được thể hiện trong Bảng 1 và Bảng 2 và các thành phần hóa học (thành phần) BA đến BC được thể hiện trong Bảng 3 được tạo ra bằng cách đúc, và ngay sau khi đúc, chúng được cán nóng trong các điều kiện (nhiệt độ gia nhiệt phôi tấm, nhiệt độ bắt đầu cán, giá trị của biểu thức 1 trong bước cán nóng ở khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C , nhiệt độ cán nóng hoàn thiện) được thể hiện trong Bảng 4 đến Bảng 7, được làm nguội, được cuộn ở các nhiệt độ cuộn được thể hiện trong Bảng 4 đến Bảng 7, được làm nguội ở các tốc độ làm nguội trung bình được thể hiện trong Bảng 4 đến Bảng 7, và được thực hiện tẩy gỉ. Sau đó, chúng được cán nguội ở các tỷ lệ làm giảm tiết diện được thể hiện trong Bảng 4 đến Bảng 7.

Bảng 1

Thành phần hóa học	C	Si	Mn	P	S	Al	N	O	Ti
	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng	% khối lượng
A	0,201	1,11	1,67	0,019	0,0025	0,014	0,0021	0,0020	0,008
B	0,162	1,18	2,37	0,022	0,0019	0,030	0,0024	0,0007	0,005
C	0,134	1,66	2,27	0,010	0,0032	0,028	0,0015	0,0016	0,007
D	0,230	0,59	2,10	0,022	0,0031	0,036	0,0036	0,0014	0,010
E	0,108	0,59	1,50	0,014	0,0030	0,026	0 0012	0,0011	0,004
F	0,213	1,50	2,34	0,022	0,0016	0,044	0,0016	0,0005	0,002
G	0,091	1,76	2,02	0,017	0,0021	0,017	0,0012	0,0008	0,009
H	0,162	1,06	2,87	0,010	0,0035	0,030	0,0025	0,0020	0,007
I	0,182	0,39	2,59	0,023	0,0016	0,037	0,0041	0,0017	0,004
J	0,147	1,30	2,07	0,015	0,0035	0,016	0,0027	0,0006	0,001
K	0,202	0,86	1,85	0,010	0,0016	0,029	0,0037	0,0010	0,008
L	0,118	1,15	1,81	0,022	0,0023	0,036	0,0028	0,0004	0,013
M	0,111	0,77	2,57	0,016	0,0028	0,018	0,0018	0,0011	0,004
N	0,169	1,99	1,97	0,012	0,0031	0,032	0,0033	0,0008	0,011
O	0,135	0,50	2,27	0,013	0,0025	0,015	0,0026	0,0024	0,008
P	0,209	1,39	1,40	0,019	0,0026	0,022	0,0011	0,0012	0,012
Q	0,121	2,07	2,38	0,007	0,0033	0,011	0,0013	0,0007	0,007
R	0,263	0,85	2,40	0,016	0,0027	0,031	0,0012	0,0028	0,003
S	0,117	1,41	1,77	0,013	0,0034	0,030	0,0029	0,0016	0,011
T	0,149	1,27	1,65	0,018	0,0018	0,009	0,0021	0,0013	0,006
U	0,100	1,56	2,67	0,016	0,0025	0,019	0,0026	0,0023	0,005
V	0,177	1,21	2,50	0,009	0,0041	0,029	0,0009	0,0018	0,002
W	0,118	0,98	1,69	0,022	0,0019	0,018	0,0034	0,0013	0,005
X	0,082	0,74	2,04	0,010	0,0022	0,033	0,0014	0,0017	0,011
Y	0,177	0,64	2,31	0,021	0,0022	0,029	0,0008	0,0011	0,004
Z	0,103	0,54	3,13	0,024	0,0032	0,022	0,0024	0,0005	0,005
AA	0,104	0,95	2,03	0,015	0,0028	0,041	0,0034	0,0022	0,000
AB	0,095	1,02	2,02	0,013	0,0025	0,035	0,0033	0,0022	<u>0,094</u>
AC	0,101	1,05	2,05	0,019	0,0030	0,037	0,0033	<u>0,0096</u>	0,004
AD	0,098	1,01	2,04	0,016	<u>0,0095</u>	0,034	0,0027	0,0016	0,005
AE	0,102	1,05	2,03	0,016	0,0033	<u>0,499</u>	0,0031	0,0024	0,004
AF	0,096	0,99	1,97	0,020	0,0034	0,034	<u>0,0096</u>	0,0017	0,004

Bảng 2

Thành phần hóa học	Nb % khối lượng	B % khối lượng	Cr % khối lượng	Ni % khối lượng	Cu % khối lượng	Mo % khối lượng	V % khối lượng	Ca % khối lượng	Ce % khối lượng	Mg % khối lượng	Zr % khối lượng	Hf % khối lượng	REM % khối lượng	
A														Ví dụ
B														Ví dụ
C														Ví dụ
D														Ví dụ
E	0,013													Ví dụ
F		0,0016												Ví dụ
G				0,20										Ví dụ
H					0,35									Ví dụ
I	0,007							0,0020						Ví dụ
J						0,20								Ví dụ
K						0,13			0,0005					Ví dụ
L			0,55											Ví dụ
M								0,0015						Ví dụ
N			0,28											Ví dụ
O							0,035							Ví dụ
P	0,014	0,0031												Ví dụ
Q									0,0030					Ví dụ
R										0,0015				Ví dụ
S				0,64	0,56									Ví dụ
T		0,0009					0,069							Ví dụ
U											0,0018			Ví dụ

Bảng 3

[illegible]

Bảng 4

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Nhiệt độ gia nhiệt tấm	Cán nóng						Tỷ lệ làm giảm tiết diện cán nguội	
			Điểm chuyển hóa Ar ₃	Nhiệt độ bắt đầu	Nhiệt độ cán nóng hoàn thiện	Biểu thức 1	Nhiệt độ cuộn	Tốc độ làm nguội trung bình		
		°C	°C	°C	°C		°C	°C/giờ	%	
1	A	1235	719	1154	893	3,5	652	12	40	Ví dụ
2	A	1220	719	1091	932	2,0	667	11	40	Ví dụ
3	A	1250	719	1166	908	2,4	654	11	67	Ví dụ
4	A	1225	719	1084	897	2,0	643	14	67	Ví dụ
5	A	<u>1100</u>	719	1140	900	2,3	680	13	67	<u>Ví dụ so sánh</u>
6	B	1225	671	1084	945	3,7	651	14	54	Ví dụ
7	B	1230	671	1143	944	1,8	653	11	54	Ví dụ
8	B	1225	671	1129	918	1,9	679	13	54	Ví dụ
9	B	1245	671	1153	932	2,6	612	14	54	Ví dụ
10	B	1230	671	1092	910	<u>6,1</u>	598	13	54	<u>Ví dụ so sánh</u>
11	C	1285	705	1087	900	2,0	606	11	54	Ví dụ
12	C	1255	705	1065	955	2,6	599	11	54	Ví dụ
13	C	1230	705	1148	924	1,8	609	11	54	Ví dụ
14	C	1260	705	1161	927	2,5	628	11	54	Ví dụ
15	C	1265	705	1144	<u>701</u>	2,5	612	12	54	<u>Ví dụ so sánh</u>
16	D	1255	654	1142	927	2,7	659	11	71	Ví dụ
17	D	1275	654	1118	885	1,8	653	13	60	Ví dụ
18	D	1265	654	1077	966	3,3	647	11	60	Ví dụ
19	D	1250	654	1113	953	2,8	602	14	50	Ví dụ
20	D	1255	654	1101	939	2,5	<u>800</u>	11	60	<u>Ví dụ so sánh</u>
21	E	1285	749	1081	886	2,1	584	11	50	Ví dụ
22	E	1250	749	1180	970	3,1	641	13	50	Ví dụ
23	E	1230	749	1119	969	1,7	635	11	47	Ví dụ
24	E	1245	749	1086	909	1,9	652	11	47	Ví dụ
25	E	1245	749	1097	900	2,1	580	<u>35</u>	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
26	F	1255	668	1164	885	3,5	615	12	71	Ví dụ
27	F	1235	668	1145	942	1,6	714	13	60	Ví dụ
28	F	1240	668	1151	889	2,4	620	14	60	Ví dụ
29	F	1260	668	1064	899	2,8	636	11	33	Ví dụ
30	F	1260	668	1072	955	2,6	623	11	<u>10</u>	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 5

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Nhiệt độ gia nhiệt tấm	Cán nóng						Tỷ lệ làm giảm tiết diện cán nguội	
			Điểm chuyển hóa Ar ₃	Nhiệt độ bắt đầu	Nhiệt độ cán nóng hoàn thiện	Biểu thức 1	Nhiệt độ cuộn	Tốc độ làm nguội trung bình		
		°C	°C	°C	°C		°C	°C/giờ		
31	G	1275	735	1111	943	3,4	642	13	40	Ví dụ
32	G	1260	735	1162	910	2,2	655	12	40	Ví dụ
33	G	1250	735	1118	951	2,3	676	12	74	Ví dụ
34	G	1275	735	1088	957	3,4	706	14	54	Ví dụ
35	G	1225	735	1154	892	2,8	587	11	54	<u>Ví dụ so sánh</u>
36	H	1245	605	1123	895	2,5	597	14	54	Ví dụ
37	H	1265	605	1126	964	2,6	584	14	54	Ví dụ
38	H	1260	605	1109	894	3,3	611	12	36	Ví dụ
39	H	1230	605	1161	951	3,6	625	12	54	<u>Ví dụ so sánh</u>
40	H	1250	605	1156	960	1,7	671	12	60	Ví dụ
41	I	1235	618	1093	908	1,8	621	11	60	Ví dụ
42	I	1225	618	1138	887	2,6	637	11	60	Ví dụ
43	I	1230	618	1169	902	1,9	621	13	60	Ví dụ
44	I	1220	618	1098	921	2,9	645	13	60	Ví dụ
45	I	1240	618	1158	917	2,1	654	14	60	<u>Ví dụ so sánh</u>
46	J	1245	697	1113	915	1,8	660	13	67	Ví dụ
47	J	1220	697	1158	961	1,8	539	13	67	Ví dụ
48	J	1250	697	1091	953	3,0	656	13	67	Ví dụ
49	J	1265	697	1123	913	3,0	676	11	36	Ví dụ
50	J	1250	697	1089	932	2,9	590	11	67	<u>Ví dụ so sánh</u>
51	K	1255	689	1111	941	3,4	682	14	50	Ví dụ
52	K	1275	689	1064	931	3,7	587	13	50	Ví dụ
53	K	1240	689	1060	932	2,1	588	11	67	Ví dụ
54	K	1230	689	1126	962	3,0	642	11	67	<u>Ví dụ so sánh</u>
55	K	1260	689	1158	945	2,6	665	11	67	<u>Ví dụ so sánh</u>
56	L	1285	711	1102	916	1,6	679	12	47	Ví dụ
57	L	1240	711	1165	918	2,8	675	11	47	Ví dụ
58	L	1235	711	1166	884	2,9	590	15	47	Ví dụ
59	L	1225	711	1067	909	<u>0,9</u>	621	11	38	<u>Ví dụ so sánh</u>
60	L	1255	711	1066	891	3,5	665	12	47	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 6

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Nhiệt độ gia nhiệt tấm	Cán nóng						Tỷ lệ làm giảm tiết diện cán nguội	
			Điểm chuyển hóa Ar ₃	Nhiệt độ bắt đầu	Nhiệt độ cán nóng hoàn thiện	Biểu thức 1	Nhiệt độ cuộn	Tốc độ làm nguội trung bình		
		°C	°C	°C	°C		°C	°C/giờ	°C	
61	M	1240	655	1165	962	3,7	606	13	50	Ví dụ
62	M	1220	655	1122	935	3,3	605	12	50	Ví dụ
63	M	1220	655	1081	966	2,5	652	14	50	Ví dụ
64	N	1285	719	1176	938	2,0	591	11	50	Ví dụ
65	N	1220	719	1069	967	3,3	643	14	50	Ví dụ
66	N	1250	719	1162	947	3,2	651	14	50	Ví dụ
67	O	1285	666	1118	924	3,1	610	13	67	Ví dụ
68	O	1250	666	1163	890	2,8	588	14	67	Ví dụ
69	O	1275	666	1130	950	1,9	632	13	67	Ví dụ
70	P	1245	751	1171	967	2,0	609	14	50	Ví dụ
71	P	1275	751	1065	961	2,3	610	12	50	Ví dụ
72	P	1275	751	1074	933	2,8	539	11	50	Ví dụ
73	Q	1240	712	1176	929	3,6	601	12	50	Ví dụ
74	Q	1225	712	1060	964	2,6	686	13	50	Ví dụ
75	Q	1220	712	1061	927	3,6	609	14	50	Ví dụ
76	R	1270	624	1060	935	2,0	651	14	54	Ví dụ
77	R	1240	624	1129	959	2,9	650	12	54	Ví dụ
78	R	1245	624	1125	962	3,5	640	14	54	Ví dụ
79	S	1250	693	1122	915	3,7	608	11	54	Ví dụ
80	S	1270	693	1098	952	2,9	674	12	54	Ví dụ
81	S	1220	693	1078	930	3,4	657	12	54	Ví dụ
82	T	1285	743	1093	956	2,8	635	14	40	Ví dụ
83	T	1245	743	1146	887	2,9	612	13	40	Ví dụ
84	T	1235	743	1140	907	3,6	618	11	40	Ví dụ
85	U	1240	675	1062	956	3,6	642	12	47	Ví dụ
86	U	1230	675	1160	946	1,8	643	13	50	Ví dụ
87	U	1235	675	1072	893	2,3	589	12	67	Ví dụ
88	V	1270	655	1076	954	2,6	601	11	60	Ví dụ
89	V	1260	655	1109	952	2,5	613	13	60	Ví dụ
90	V	1235	655	1093	898	1,9	619	13	71	Ví dụ
91	W	1245	740	1125	930	1,7	630	14	60	Ví dụ
92	W	1225	740	1178	884	1,9	641	14	60	Ví dụ
93	W	1260	740	1110	942	3,3	589	13	60	Ví dụ
94	X	1275	693	1063	952	1,8	640	12	40	Ví dụ
95	X	1230	693	1148	931	2,4	606	12	60	Ví dụ
96	X	1225	693	1151	950	3,3	661	14	50	Ví dụ
97	Y	1260	644	1135	912	2,1	597	11	50	Ví dụ
98	Y	1275	644	1145	931	2,8	630	11	50	Ví dụ
99	Y	1255	644	1092	969	2,6	596	11	50	Ví dụ

100	Z	1280	599	1063	952	1,7	581	11	60	Ví dụ
101	Z	1270	599	1083	907	2,6	611	13	60	Ví dụ
102	Z	1245	599	1140	960	2,7	584	11	60	Ví dụ
103	AA	1230	714	1160	968	2,4	586	11	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
104	AB	1280	720	1144	894	1,9	646	14	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
105	AC	1260	716	1080	887	3,3	674	13	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
106	AD	1265	717	1085	897	3,3	660	12	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
107	AE	1270	742	1075	397	3,5	602	13	50	<u>Ví dụ so sánh</u>
108	AF	1285	723	1105	895	2,2	623	12	50	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 7

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Nhiệt độ gia nhiệt tấm	Cán nóng						Tỷ lệ làm giảm tiết diện cán nguội	
			Điểm chuyển hóa Ar ₃	Nhiệt độ bắt đầu	Nhiệt độ cán nóng hoàn thiện	Biểu thức 1	Nhiệt độ cuộn	Tốc độ làm nguội trung bình		
		°C	°C	°C	°C		°C	°C/giờ	°C	
201	BA	1245	643	1087	874	2,9	592	13	67	Ví dụ
202	BA	1240	643	1090	895	3,2	604	14	67	Ví dụ
203	BB	1240	710	1122	904	2,8	621	12	67	Ví dụ
204	BB	1255	710	1095	881	3,1	610	11	67	Ví dụ
205	BC	1255	722	1101	881	3,2	589	14	67	Ví dụ
206	BC	1260	722	1099	908	2,8	591	11	67	Ví dụ

Tiếp theo, bước ủ được áp dụng trong các điều kiện được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11 để tạo thành các tấm thép của các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, từ 201 đến 208. Trong bước ủ, việc gia nhiệt được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C ở các tốc độ gia nhiệt trung bình được thể hiện trong Bảng 6 đến Bảng 8, và sau khi gia nhiệt đến các nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11, việc làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất đến 700°C ở các tốc độ làm nguội trung bình (tốc độ làm nguội 1) được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11, việc làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C ở các tốc độ làm nguội trung bình (tốc độ làm nguội 2) được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11, và quá trình duy trì trong thời gian duy trì được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11 được thực hiện ở

khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C, tiếp theo là làm nguội đến nhiệt độ trong phòng.

Bảng 8

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Loại thép	Ac ₁	Ac ₃	Tốc độ gia nhiệt trung bình	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất	Tốc độ làm nguội 1	Tốc độ làm nguội 2	Thời gian duy trì	Nhiệt độ hợp kim hóa	
			°C	°C	°C/giây	°C	°C/giây	°C/giây	Giây	°C	
1	A	CR	725	828	5	786	4,5	12,6	190		Ví dụ
2	A	CR	725	828	5	792	2,3	13,3	164		Ví dụ
3	A	CR	725	828	3	891	1,7	65,7	204		Ví dụ
4	A	GA	725	828	3	786	5,3	7,4	98	501	Ví dụ
5	A	CR	725	828	3	807	5,5	11,2	218		<u>Ví dụ so sánh</u>
6	B	CR	714	834	2	800	1,7	12,6	333		Ví dụ
7	B	CR	714	834	2	805	1,3	6,8	345		Ví dụ
8	B	CR	714	834	2	809	4,9	9,1	70		Ví dụ
9	B	GA	714	834	5	795	3,6	9,6	324	532	Ví dụ
10	B	CR	714	834	2	786	3,1	10,3	282		<u>Ví dụ so sánh</u>
11	C	CR	734	842	5	805	3,8	7,3	112		Ví dụ
12	C	CR	734	842	4	811	1,7	11,1	133		Ví dụ
13	C	CR	734	842	7	820	5,8	47,0	142		Ví dụ
14	C	GA	734	842	5	805	1,6	74,2	122	544	Ví dụ
15	C	CR	734	842	4	818	2,4	13,3	136		<u>Ví dụ so sánh</u>
16	D	CR	717	777	4	764	1,7	9,8	184		Ví dụ
17	D	CR	717	777	5	763	4,9	13,2	158		Ví dụ
18	D	CR	717	777	3	815	4,6	11,6	176		Ví dụ
19	D	GI	717	777	9	809	1,8	5,4	207		Ví dụ
20	D	CR	717	777	5	764	5,6	8,0	144		<u>Ví dụ so sánh</u>
21	E	CR	715	830	5	796	2,3	111,0	315		Ví dụ
22	E	CR	715	830	2	784	1,9	12,6	403		Ví dụ
23	E	CR	715	830	7	796	4,5	7,2	61		Ví dụ
24	E	GI	715	830	4	790	9,1	6,9	322		Ví dụ
25	E	CR	715	830	4	801	6,0	12,0	280		<u>Ví dụ so sánh</u>
26	F	CR	725	834	2	799	5,0	7,2	648		Ví dụ
27	F	CR	725	834	7	795	4,3	8,3	312		Ví dụ
28	F	CR	725	834	2	824	4,7	9,3	314		Ví dụ
29	F	GI	725	834	7	817	3,8	8,1	462		Ví dụ
30	F	CR	725	834	6	793	3,4	9,3	102		<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 9

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Loại thép	Ac ₁	Ac ₃							
					Tốc độ gia nhiệt trung bình	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất	Tốc độ làm nguội 1	Tốc độ làm nguội 2	Thời gian duy trì	Nhiệt độ hợp kim hóa	
			°C	°C	°C/giây	°C	°C/giây	°C/giây	Giây	°C	
31	G	CR	729	860	3	834	2,5	33,6	133		Ví dụ
32	G	CR	729	860	6	852	2,4	20,9	103		Ví dụ
33	G	CR	729	860	6	818	5,3	35,3	108		Ví dụ
34	G	EG	729	860	6	827	2,7	28,7	76		Ví dụ
35	G	CR	729	860	<u>30</u>	822	5,8	27,8	138		<u>Ví dụ so sánh</u>
36	H	CR	719	785	5	765	5,3	37,1	602		Ví dụ
37	H	CR	719	785	4	763	4,9	25,7	512		Ví dụ
38	H	CR	719	785	6	771	4,8	33,2	526		Ví dụ
39	H	CR	719	785	2	769	5,9	28,3	536		Ví dụ
40	H	CR	719	785	3	<u>725</u>	1,7	25,0	522		<u>Ví dụ so sánh</u>
41	I	CR	703	788	3	781	4,7	7,6	468		Ví dụ
42	I	CR	703	788	4	770	5,6	10,6	226		Ví dụ
43	I	CR	703	788	3	825	1,7	13,3	194		Ví dụ
44	I	EG	703	788	3	770	5,7	7,6	464		Ví dụ
45	I	CR	703	788	4	787	<u>13,1</u>	11,7	131		<u>Ví dụ so sánh</u>
46	J	CR	730	834	5	795	5,1	9,0	59		Ví dụ
47	J	CR	730	834	3	796	3,0	9,4	62		Ví dụ
48	J	CR	730	834	3	808	4,8	35,9	57		Ví dụ
49	J	CR	730	834	5	812	1,8	29,2	60		Ví dụ
50	J	CR	730	834	3	809	<u>0,2</u>	12,4	79		<u>Ví dụ so sánh</u>
51	K	CR	721	821	2	795	4,5	9,9	124		Ví dụ
52	K	CR	721	821	3	801	3,5	7,8	98		Ví dụ
53	K	CR	721	821	4	795	3,5	12,5	113		Ví dụ
54	K	CR	721	821	6	787	5,7	11,7	<u>15</u>		<u>Ví dụ so sánh</u>
55	K	CR	721	821	3	787	3,6	6,8	<u>3600</u>		<u>Ví dụ so sánh</u>
56	L	CR	738	844	2	818	5,6	9,8	234		Ví dụ
57	L	CR	738	844	2	803	4,2	5,8	204		Ví dụ
58	L	GA	738	844	5	801	5,5	12,5	196	481	Ví dụ
59	L	CR	738	844	5	810	2,8	12,3	176		<u>Ví dụ so sánh</u>
60	L	CR	738	844	8	801	2,5	<u>1,3</u>	210		<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 10

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Loại thép	Ac ₁	Ac ₃							
					Tốc độ gia nhiệt trung bình	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất	Tốc độ làm nguội 1	Tốc độ làm nguội 2	Thời gian duy trì	Nhiệt độ hợp kim hóa	
			°C	°C	°C/giây	°C	°C/giây	°C/giây	Giây	°C	
61	M	CR	710	807	6	782	4,8	31,7	525		Ví dụ
62	M	CR	710	807	3	774	3,8	12,6	470		Ví dụ
63	M	CR	710	807	7	768	3,7	12,0	445		Ví dụ
64	N	CR	745	865	6	833	1,6	20,7	142		Ví dụ
65	N	CR	745	865	3	839	2,8	11,3	139		Ví dụ
66	N	CR	745	865	2	820	5,3	13,3	112		Ví dụ
67	O	CR	707	793	2	766	4,0	31,9	237		Ví dụ
68	O	CR	707	793	5	767	4,2	24,6	209		Ví dụ
69	O	CR	707	793	4	770	4,2	33,4	74		Ví dụ
70	P	CR	736	837	4	817	5,8	7,8	74		Ví dụ
71	P	CR	736	837	3	828	1,8	10,1	83		Ví dụ
72	P	GA	736	837	4	812	4,6	11,4	62	519	Ví dụ
73	Q	CR	738	875	3	922	6,6	7,7	498		Ví dụ
74	Q	CR	738	875	5	846	4,6	11,4	444		Ví dụ
75	Q	GA	738	875	7	842	4,9	7,8	125	499	Ví dụ
76	R	CR	715	793	4	765	2,2	87,2	204		Ví dụ
77	R	CR	715	793	4	771	3,3	130,2	198		Ví dụ
78	R	EG	715	793	6	764	2,5	112,0	184		Ví dụ
79	S	CR	718	839	3	829	4,6	7,6	125		Ví dụ
80	S	CR	718	839	2	817	2,8	8,3	124		Ví dụ
81	S	EG	718	839	5	829	5,1	13,3	131		Ví dụ
82	T	CR	724	850	3	842	8,0	25,9	57		Ví dụ
83	T	CR	724	850	6	834	3,3	35,2	101		Ví dụ
84	T	GI	724	850	6	839	2,7	38,8	126		Ví dụ
85	U	CR	727	835	3	812	3,6	79,4	118		Ví dụ
86	U	CR	727	835	5	801	5,7	87,6	138		Ví dụ
87	U	GI	727	835	3	795	3,9	61,9	121		Ví dụ
88	V	CR	717	832	6	806	1,6	42,3	340		Ví dụ
89	V	CR	717	832	3	803	3,3	84,0	364		Ví dụ
90	V	CR	717	832	3	786	3,8	67,5	400		Ví dụ
91	W	CR	728	840	7	803	5,9	78,4	93		Ví dụ
92	W	CR	728	840	2	799	5,9	54,6	121		Ví dụ
93	W	CR	728	840	4	813	1,8	49,8	143		Ví dụ
94	X	CR	712	844	3	824	2,7	7,2	240		Ví dụ
95	X	CR	712	844	5	815	5,6	9,0	282		Ví dụ
96	X	CR	712	844	3	904	1,3	12,8	252		Ví dụ
97	Y	CR	718	802	6	785	5,0	11,3	115		Ví dụ
98	Y	CR	718	802	4	776	2,1	10,9	114		Ví dụ
99	Y	CR	718	802	6	785	2,8	10,4	142		Ví dụ
100	Z	CR	696	768	5	739	4,5	11,9	255		Ví dụ
101	Z	CR	696	768	3	739	2,0	12,0	288		Ví dụ

102	Z	CR	696	768	7	747	2,8	13,0	270		Ví dụ
103	AA	CR	725	829	5	801	4,7	33,0	249		<u>Ví dụ so sánh</u>
104	AB	CR	724	854	5	804	2,2	28,2	342		<u>Ví dụ so sánh</u>
105	AC	CR	722	835	5	797	4,2	39,4	309		<u>Ví dụ so sánh</u>
106	AD	CR	721	851	5	804	4,7	28,0	267		<u>Ví dụ so sánh</u>
107	AE	CR	735	921	5	800	4,5	35,9	297		<u>Ví dụ so sánh</u>
108	AF	CR	718	835	5	800	4,1	34,0	300		<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 11

Ví dụ thử nghiệm	Thành phần hóa học	Loại thép	Ac ₁	Ac ₃							
					Tốc độ gia nhiệt trung bình	Nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất	Tốc độ làm nguội 1	Tốc độ làm nguội 2	Thời gian duy trì	Nhiệt độ hợp kim hóa	
			°C	°C	°C/giây	°C	°C/giây	°C/giây	Giây	°C	
201	BA	CR	696	849	3	823	2,2	23,3	86		Ví dụ
202	BA	GA	696	849	2	827	2,0	23,1	81	564	Ví dụ
203	BB	CR	710	823	2	812	1,8	23,7	75		Ví dụ
204	BB	GI	710	823	3	810	2,1	24,7	77		Ví dụ
205	BC	CR	708	842	3	828	2,2	25,5	80		Ví dụ
206	BC	EG	708	842	2	830	2,4	22,6	97		Ví dụ

Sau khi làm nguội đến nhiệt độ trong phòng, bước cán nguội 0,15% được áp dụng trong các ví dụ thử nghiệm 6 đến 20 và các ví dụ thử nghiệm 70 đến 108, bước cán nguội 1,50% được áp dụng trong ví dụ thử nghiệm 23, bước cán nguội 1,00% được áp dụng trong ví dụ thử nghiệm 28, và bước cán nguội 0,25% được áp dụng trong các ví dụ thử nghiệm 31 đến 55.

Hơn nữa, trong các ví dụ thử nghiệm 34, 44, 78, 81, sau bước ủ, bước mạ điện được áp dụng trên dây chuyền mạ để sản xuất các tấm thép mạ kẽm bằng điện.

Trong các ví dụ thử nghiệm 19, 24, 84, sau khi làm nguội đến 500°C ở tốc độ làm nguội 2, bước nhúng trong bể mạ kẽm được thực hiện trong khoảng thời gian đến khi làm nguội đến khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C, nhờ đó tạo thành tấm thép mạ kẽm nhúng nóng.

Hơn nữa, trong các ví dụ thử nghiệm 29, 87, sau quá trình duy trì ở

khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C, bước nhúng trong bể mạ kẽm được thực hiện và sau đó làm nguội đến nhiệt độ trong phòng được thực hiện, nhờ đó tạo thành tấm thép mạ kẽm nhúng nóng.

Trong các ví dụ thử nghiệm 4, 14, 75, sau khi làm nguội đến 500°C ở tốc độ làm nguội 2, bước nhúng trong bể mạ kẽm được thực hiện trong khoảng thời gian đến khi làm nguội đến khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C, và bước xử lý hợp kim hóa được áp dụng nhờ duy trì 30 giây ở các nhiệt độ hợp kim hóa được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11, nhờ đó tạo thành các tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa.

Hơn nữa, trong các ví dụ thử nghiệm 9, 58, 72, bước nhúng trong bể mạ kẽm được thực hiện sau quá trình duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C, và ngoài ra bước xử lý hợp kim hóa được áp dụng nhờ duy trì 30 giây ở các nhiệt độ hợp kim hóa được thể hiện trong Bảng 8 đến Bảng 11, nhờ đó tạo thành tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa.

Hơn nữa, trong các ví dụ thử nghiệm 14 và 72, màng phủ được tạo ra bởi oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm.

Trong Bảng 8 đến Bảng 11, “CR” có nghĩa là tấm thép cán nguội, “GA” có nghĩa là tấm thép mạ kẽm nhúng nóng được hợp kim hóa, “GI” có nghĩa là tấm thép mạ kẽm nhúng nóng, và “EG” có nghĩa là tấm thép mạ kẽm bằng điện.

Các vi cấu trúc ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày trong mỗi tấm thép của các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, từ 201 đến 208 được quan sát và các phần thể tích của chúng được đo. Các kết quả của chúng được thể hiện trong Bảng 12 đến Bảng 15. Trong Bảng 12 đến Bảng 15, “F” có nghĩa là ferit, “B” có nghĩa là bainit, “BF” có nghĩa là ferit bainitic, “TM” có nghĩa là martensit ram, “M” có nghĩa là martensit mới, và “ γ dư” có nghĩa là austenit dư.

Mặt cắt ngang theo hướng chiều dày được cắt, và lượng austenit dư ra khỏi các phần vi cấu trúc được đo bằng thiết bị phân tích nhiễu xạ tán xạ ngược electron (EBSD) được gắn vào kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường (FE-SEM) trong mặt cắt ngang được đánh bóng gương, và các loại khác được đo bằng cách khắc ăn mòn bằng nital mặt cắt ngang được đánh bóng gương và quan sát mặt cắt ngang này nhờ sử dụng FE-SEM.

Bảng 12

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả quan sát vi cấu trúc										Kết quả phân tích thành phần	
			Phân thể tích							Hình dạng	Kết tủa		W _{Mnγ} /W _{Mn}	
			F	B	BF	TM	M	γ còn lại	Loại khác	Tỷ lệ các cạnh γ	Cỡ trung bình TiN	Mật độ AlN		
			%	%	%	%	%	%	%		μm	Hạt/mm ²		
1	A	CR	54	10	19	11	1	5	0	1,1	0,3	0,8	1,33	Ví dụ
2	A	CR	49	7	25	10	3	5	1	1,6	0,2	0,6	1,35	Ví dụ
3	A	CR	29	8	37	21	1	4	0	1,4	0,2	0,5	1,17	Ví dụ
4	A	GA	54	7	18	15	0	4	2	1,4	0,3	0,8	1,31	Ví dụ
5	A	CR	29	13	26	29	0	3	0	1,5	4,2	0,4	1,29	<u>Ví dụ so sánh</u>
6	B	CR	38	22	10	22	0	7	1	1,2	0,1	0,5	1,23	Ví dụ
7	B	CR	37	10	28	18	1	5	1	1,8	0,2	0,2	1,27	Ví dụ
8	B	CR	28	15	23	26	2	6	0	1,5	0,4	0,2	1,23	Ví dụ
9	B	GA	46	24	15	9	1	5	0	1,5	0,2	0,8	1,27	Ví dụ
10	B	CR	54	18	9	14	1	4	0	1,7	0,8	0,4	1,29	<u>Ví dụ so sánh</u>
11	C	CR	45	15	25	10	0	3	2	1,3	0,2	0,5	1,25	Ví dụ
12	C	CR	44	20	9	20	0	5	2	1,4	0,5	0,7	1,25	Ví dụ
13	C	CR	26	24	21	24	2	3	0	1,4	0,2	0,2	1,27	Ví dụ
14	C	GA	45	12	11	27	2	3	0	1,2	0,5	0,3	1,31	Ví dụ
15	C	CR	33	21	22	22	1	1	0	1,5	0,5	0,3	1,37	<u>Ví dụ so sánh</u>
16	D	CR	32	17	28	18	0	3	2	1,8	0,3	0,2	1,57	Ví dụ
17	D	CR	36	22	23	16	0	2	1	1,1	0,1	0,3	1,52	Ví dụ
18	D	CR	20	30	17	30	1	2	0	1,7	0,1	0,6	1,37	Ví dụ
19	D	GI	21	29	31	15	0	3	1	1,2	0,2	0,8	1,23	Ví dụ
20	D	CR	33	9	27	25	1	4	1	1,1	0,2	0,2	1,71	<u>Ví dụ so sánh</u>
21	E	CR	42	19	10	23	3	3	0	1,3	0,3	0,3	1,35	Ví dụ
22	E	CR	48	22	12	13	1	3	1	1,7	0,1	0,4	1,23	Ví dụ
23	E	CR	36	17	21	25	0	1	0	1,7	0,2	0,5	1,33	Ví dụ
24	E	GI	38	20	22	16	0	2	2	1,1	0,1	0,4	1,39	Ví dụ
25	E	CR	34	28	17	16	1	3	1	1,3	0,3	0,5	1,05	<u>Ví dụ so sánh</u>
26	F	CR	44	9	21	19	0	7	0	1,3	0,2	0,3	1,25	Ví dụ
27	F	CR	47	17	15	15	0	6	0	1,7	0,3	0,8	1,29	Ví dụ
28	F	CR	15	17	33	29	0	6	0	1,2	0,2	0,5	1,21	Ví dụ
29	F	GI	24	25	27	19	0	4	1	1,2	0,4	0,2	1,37	Ví dụ

Bảng 13

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả quan sát vi cấu trúc										Kết quả phân tích thành phần	
			Phần thể tích							Hình dạng	Kết tủa		$\frac{W_{Mn\gamma}}{W_{Mn}}$	
			F	B	BF	TM	M	γ còn lại	Loại khác	Tỷ lệ các cạnh γ	Cỡ trung bình TiN	Mật độ AlN		
			%	%	%	%	%	%	%		μm	Hạt/mm ²		
30	F	CR	50	17	11	15	1	5	1	2,5	0,1	0,8	1,35	<u>Ví dụ so sánh</u>
31	G	CR	29	16	19	30	2	4	0	1,2	0,4	0,3	1,15	Ví dụ
32	G	CR	15	31	22	27	0	4	1	1,7	0,1	0,2	1,17	Ví dụ
33	G	CR	41	23	18	14	0	3	1	1,1	0,4	0,4	1,19	Ví dụ
34	G	EG	36	25	22	12	0	5	0	1,5	0,2	0,7	1,17	Ví dụ
35	G	CR	37	27	14	15	1	6	0	2,3	0,3	0,3	1,21	<u>Ví dụ so sánh</u>
36	H	CR	42	20	13	21	0	4	0	1,3	0,4	0,8	1,37	Ví dụ
37	H	CR	42	20	16	17	1	3	1	1,8	0,2	0,5	1,27	Ví dụ
38	H	CR	28	28	9	28	1	5	1	1,2	0,1	0,7	1,48	Ví dụ
39	H	CR	33	14	26	22	0	5	0	1,5	0,3	0,8	1,52	Ví dụ
40	H	CR	83	0	0	0	0	2	15	1,4	0,2	0,4	1,76	<u>Ví dụ so sánh</u>
41	I	CR	14	30	14	37	3	2	0	1,2	0,3	0,5	1,30	Ví dụ
42	I	CR	30	20	19	26	2	3	0	1,5	0,1	0,6	1,50	Ví dụ
43	I	CR	14	34	15	33	2	2	0	1,2	0,2	0,5	1,27	Ví dụ
44	I	EG	32	22	25	18	0	1	2	1,4	0,4	0,4	1,48	Ví dụ
45	I	CR	4	27	46	18	0	4	1	1,5	0,1	0,7	1,25	<u>Ví dụ so sánh</u>
46	J	CR	37	14	16	26	2	5	0	1,1	0,3	0,7	1,27	Ví dụ
47	J	CR	39	21	13	19	0	6	2	1,3	0,3	0,4	1,21	Ví dụ
48	J	CR	26	18	25	24	1	5	1	1,3	0,4	0,3	1,23	Ví dụ
49	J	CR	28	10	25	31	0	5	1	1,4	0,2	0,5	1,37	Ví dụ
50	J	CR	30	22	19	19	0	3	7	1,4	0,3	0,8	1,29	<u>Ví dụ so sánh</u>
51	K	CR	29	18	24	23	2	4	0	1,2	0,4	0,4	1,27	Ví dụ
52	K	CR	22	31	16	27	0	3	1	1,3	0,4	0,8	1,27	Ví dụ
53	K	CR	24	30	15	29	0	2	0	1,7	0,4	0,5	1,35	Ví dụ
54	K	CR	30	26	12	18	13	0	1	—	0,4	0,8	—	<u>Ví dụ so sánh</u>
55	K	CR	37	24	19	13	0	0	7	—	0,2	0,7	—	<u>Ví dụ so sánh</u>
56	L	CR	31	25	29	9	1	5	0	1,7	0,2	0,6	1,29	Ví dụ
57	L	CR	46	13	8	27	2	4	0	1,7	0,1	0,2	1,35	Ví dụ
58	L	GA	49	19	15	13	1	3	0	1,6	0,3	0,2	1,21	Ví dụ
59	L	CR	42	9	22	21	1	5	0	1,6	0,1	2,5	1,27	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 14

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả quan sát vi cấu trúc										Kết quả phân tích thành phần	
			Phân thể tích							Hình dạng	Kết tủa		$\frac{W_{Mn}}{W_{Mn}}$	
			F	B	BF	TM	M	γ còn lại	Loại khác	Tỷ lệ các cạnh γ	Cỡ trung bình TiN	Mật độ AlN		
			%	%	%	%	%	%	%		μm	Hạt/ mm^2		
60	L	CR	55	16	8	6	3	3	9	1,5	0,2	0,5	1,29	<u>Ví dụ so sánh</u>
61	M	CR	31	22	19	22	0	5	1	1,4	0,4	0,4	1,37	Ví dụ
62	M	CR	41	19	21	11	1	6	1	1,4	0,4	0,8	1,37	Ví dụ
63	M	CR	44	13	20	15	2	6	0	1,3	0,3	0,2	1,29	Ví dụ
64	N	CR	35	11	26	22	0	6	0	1,3	0,1	0,4	1,15	Ví dụ
65	N	CR	29	32	11	22	0	5	1	1,2	0,4	0,8	1,11	Ví dụ
66	N	CR	50	11	18	12	2	7	0	1,4	0,3	0,7	1,19	Ví dụ
67	O	CR	42	24	16	13	1	3	1	1,4	0,5	0,8	1,44	Ví dụ
68	O	CR	40	25	8	23	1	2	1	1,3	0,3	0,6	1,31	Ví dụ
69	O	CR	41	18	17	21	1	2	0	1,7	0,1	0,5	1,35	Ví dụ
70	P	CR	32	9	22	28	3	5	1	1,5	0,2	0,4	1,19	Ví dụ
71	P	CR	15	3	31	46	2	3	0	1,2	0,4	0,4	1,27	Ví dụ
72	P	GA	34	6	15	37	3	5	0	1,5	0,3	0,2	1,25	Ví dụ
73	Q	CR	16	26	28	24	0	5	1	1,3	0,3	0,7	1,15	Ví dụ
74	Q	CR	34	16	18	25	0	6	1	1,2	0,1	0,5	1,15	Ví dụ
75	Q	GA	33	18	28	17	1	3	0	1,5	0,4	0,6	1,11	Ví dụ
76	R	CR	49	19	19	5	1	6	1	1,2	0,2	0,5	1,44	Ví dụ
77	R	CR	36	21	22	13	4	4	0	1,5	0,5	0,8	1,41	Ví dụ
78	R	EG	49	8	20	16	0	5	2	1,5	0,5	0,4	1,35	Ví dụ
79	S	CR	13	35	21	23	0	6	2	1,5	0,4	0,5	1,29	Ví dụ
80	S	CR	28	15	30	24	0	3	0	1,5	0,1	0,7	1,25	Ví dụ
81	S	EG	12	25	27	28	0	6	2	1,1	0,4	0,4	1,29	Ví dụ
82	T	CR	11	31	26	26	0	5	1	1,8	0,4	0,2	1,13	Ví dụ
83	T	CR	22	33	17	22	1	4	1	1,3	0,4	0,2	1,25	Ví dụ
84	T	GI	16	36	18	26	0	3	1	1,7	0,4	0,3	1,27	Ví dụ
85	U	CR	32	18	32	11	0	5	2	1,4	0,4	0,2	1,25	Ví dụ
86	U	CR	39	17	24	15	0	5	0	1,7	0,3	0,5	1,19	Ví dụ
87	U	GI	47	16	16	15	1	5	0	1,1	0,1	0,3	1,29	Ví dụ
88	V	CR	32	36	10	16	1	5	0	1,7	0,2	0,7	1,31	Ví dụ
89	V	CR	33	10	30	18	0	7	2	1,6	0,3	0,2	1,19	Ví dụ
90	V	CR	51	18	6	18	2	5	0	1,6	0,1	0,7	1,31	Ví dụ
91	W	CR	46	9	25	16	0	3	1	1,5	0,1	0,7	1,19	Ví dụ
92	W	CR	49	21	10	15	1	4	0	1,2	0,3	0,5	1,25	Ví dụ
93	W	CR	33	27	24	11	1	3	1	1,7	0,4	0,6	1,25	Ví dụ
94	X	CR	24	30	27	13	2	4	0	1,3	0,1	0,2	1,27	Ví dụ
95	X	CR	28	14	28	25	0	3	2	1,3	0,3	0,2	1,29	Ví dụ
96	X	CR	15	30	26	22	1	6	0	1,3	0,4	0,3	1,11	Ví dụ
97	Y	CR	22	31	29	11	0	6	1	1,5	0,2	0,6	1,48	Ví dụ

98	Y	CR	35	17	27	14	2	5	0	1,7	0,4	0,6	1,50	Ví dụ
99	Y	CR	23	26	28	18	1	3	1	1,7	0,1	0,7	1,35	Ví dụ
100	Z	CR	52	12	12	16	2	6	0	1,1	0,1	0,3	1,57	Ví dụ
101	Z	CR	50	10	20	13	1	5	1	1,1	0,3	0,6	1,55	Ví dụ
102	Z	CR	42	15	23	12	1	6	1	1,2	0,1	0,8	1,64	Ví dụ
103	AA	CR	37	20	13	24	1	5	0	1,3	0,0	<u>4,6</u>	1,27	<u>Ví dụ so sánh</u>
104	AB	CR	53	11	12	19	0	3	2	1,7	<u>0,7</u>	<u>0,3</u>	1,25	<u>Ví dụ so sánh</u>
105	AC	CR	45	27	9	12	0	6	1	1,3	0,4	<u>5,2</u>	1,25	<u>Ví dụ so sánh</u>
106	AD	CR	43	14	19	20	1	3	0	1,4	0,3	<u>5,7</u>	1,21	<u>Ví dụ so sánh</u>
107	AE	CR	74	8	6	5	1	6	0	1,7	0,3	<u>1,8</u>	1,11	<u>Ví dụ so sánh</u>
108	AF	CR	38	25	12	18	10	6	1	1,3	<u>1,3</u>	<u>3,0</u>	1,27	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 15

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả quan sát vi cấu trúc										Kết quả phân tích thành phần	
			Phân thể tích							Hình dạng	Kết tủa		$\frac{W_{Mny}}{W_{Mn}}$	
			F	B	BF	TM	M	γ còn lại	Loại khác	Tỷ lệ các cạnh γ	Cỡ trung bình TiN	Mật độ AlN		
			%	%	%	%	%	%	%		μm	Hạt/ mm^2		
201	BA	CR	63	4	20	12	6	6	0	1,7	0,3	0,6	1,36	Ví dụ
202	BA	GA	54	13	17	8	2	6	1	1,8	0,2	0,7	1,38	Ví dụ
203	BB	CR	62	3	13	11	8	3	0	1,9	0,3	0,7	1,49	Ví dụ
204	BB	GI	61	17	4	11	3	3	1	1,6	0,4	0,7	1,46	Ví dụ
205	BC	CR	67	18	2	16	4	3	0	1,6	0,3	0,5	1,40	Ví dụ
206	BC	EG	67	19	4	18	0	2	0	1,8	0,2	0,5	1,39	Ví dụ

Hơn nữa, đối với tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư (γ) (tỷ lệ cạnh γ), các kết quả đo của tỷ lệ các cạnh của 20 austenit dư lớn nhất trong bản đồ austenit dư thu được bởi thiết bị phân tích EBSD nêu trên và các kết quả đo của tỷ lệ các cạnh của 20 austenit dư lớn nhất thu được bằng cách phân tích EBSD tương tự của mẫu thử được chế tạo để quan sát bề mặt ở 1/4 chiều dày song song với bề mặt tấm được bổ sung, và thu được giá trị trung bình của tỷ lệ các cạnh của 40 austenit dư.

Hơn nữa, đối với đường kính hạt trung bình của các hạt TiN (cỡ hạt TiN trung bình), mẫu thử dùng cho kính hiển vi điện tử truyền dẫn (TEM) được chế tạo bằng phương pháp tách lặp lại từ bề mặt nơi các phân thể tích của các vi cấu

trúc được quan sát, các đường kính hạt (đường kính tương đương hình tròn) của 10 TiN được đo bởi TEM, và thu được giá trị trung bình của chúng.

Đối với mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn, các hạt lần trong phạm vi 10,0 mm^2 được quan sát bởi FE-SEM ở bề mặt mà ở đó các phần thể tích của các vi cấu trúc được quan sát, thành phần của các hạt lần mà có đường kính tương đương hình tròn lớn hơn 1,0 μm được đo, số lượng của các hạt lần được xác nhận là AlN được đếm, và thu được mật độ.

Tỷ lệ ($\text{WMn}_\gamma/\text{WMn}$) của lượng dung dịch-rắn Mn (WMn_γ) trong austenit dư so với lượng trung bình của Mn (WMn) thu được bằng cách đo WMn và WMn_γ bởi phương pháp sau đây.

Cụ thể là, trong bề mặt quan sát mà các phần vi cấu trúc được tìm thấy, phân tích EPMA được tiến hành ở cùng phạm vi như phân tích EBSD, WMn được tìm từ bản đồ tập trung Mn nêu trên, và bản đồ tập trung Mn và bản đồ austenit dư tiếp theo được đặt lên nhau, nhờ đó chỉ giá trị đo của nồng độ Mn trong austenit dư được lấy, và WMn_γ thu được dưới dạng giá trị trung bình của nó.

Bảng 16 đến Bảng 19 thể hiện các kết quả thu được khi các đặc tính của các tấm thép của các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, từ 201 đến 208 được đánh giá bởi phương pháp dưới đây.

Từ các tấm thép của các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, từ 201 đến 208, mẫu thử nghiệm kéo căng theo JIS Z 2201 được chọn, thử nghiệm kéo căng được tiến hành theo JIS Z 2241, và giới hạn chảy “YS”, độ bền kéo “TS”, và tổng độ giãn dài “EL” được đo.

Hơn nữa, thử nghiệm giãn rộng lỗ (JFST1001) để đánh giá khả năng uốn mép được tiến hành, và giá trị giới hạn giãn rộng lỗ “ λ ” là chỉ số của khả năng uốn mép khi kéo căng được tính toán.

Hơn nữa, mẫu thử nghiệm kéo căng tương tự được nhúng trong rượu trong đó nitơ lỏng được bổ sung, được làm lạnh đến -60°C , được lấy ra, và được cho ngay vào thử nghiệm kéo căng, và thu được tỷ lệ kéo vượt (trị số kéo vượt) của phần nứt.

Bảng 16

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả đo chất lượng vật liệu					
			YS	TS	EL	λ	Trị số kéo	
			MPa	MPa	%	%	%	
1	A	CR	614	1114	21	49	34	Ví dụ
2	A	CR	570	995	21	48	29	Ví dụ
3	A	CR	783	1040	18	54	42	Ví dụ
4	A	GA	627	1082	22	49	29	Ví dụ
5	A	CR	864	1062	22	46	6	<u>Ví dụ so sánh</u>
6	B	CR	801	1087	21	48	46	Ví dụ
7	B	CR	800	1196	21	42	36	Ví dụ
8	B	CR	811	1050	22	50	32	Ví dụ
9	B	GA	672	998	24	51	47	Ví dụ
10	B	CR	591	1032	23	38	11	<u>Ví dụ so sánh</u>
11	C	CR	680	1116	18	51	43	Ví dụ
12	C	CR	662	1099	23	36	35	Ví dụ
13	C	CR	921	1116	19	52	28	Ví dụ
14	C	GA	742	1093	19	54	28	Ví dụ
15	C	CR	786	1118	8	8	7	<u>Ví dụ so sánh</u>
16	D	CR	761	1069	22	44	46	Ví dụ
17	D	CR	760	1082	20	40	31	Ví dụ
18	D	CR	908	1060	24	44	35	Ví dụ
19	D	GI	800	940	24	42	29	Ví dụ
20	D	CR	750	995	11	13	11	<u>Ví dụ so sánh</u>
21	E	CR	684	997	25	44	32	Ví dụ
22	E	CR	648	1034	21	29	26	Ví dụ
23	E	CR	712	984	24	34	32	Ví dụ
24	E	GI	747	1008	22	42	46	Ví dụ
25	E	CR	770	1023	25	28	13	<u>Ví dụ so sánh</u>
26	F	CR	918	1345	18	45	44	Ví dụ
27	F	CR	794	1357	16	44	30	Ví dụ
28	F	CR	1147	1338	18	45	32	Ví dụ
29	F	GI	1008	1294	17	48	41	Ví dụ
30	F	CR	776	1223	20	50	15	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 17

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả đo chất lượng vật liệu					
			YS	TS	EL	λ	Trị số kéo	
			MPa	MPa	%	%	%	
31	G	CR	731	961	24	61	48	Ví dụ
32	G	CR	922	1065	22	51	37	Ví dụ
33	G	CR	696	1029	24	41	30	Ví dụ
34	G	EG	708	1032	23	48	39	Ví dụ
35	G	CR	737	1074	20	40	13	<u>Ví dụ so sánh</u>
36	H	CR	729	1051	20	44	30	Ví dụ
37	H	CR	712	1048	23	42	45	Ví dụ
38	H	CR	807	1025	18	59	48	Ví dụ
39	H	CR	719	980	22	44	42	Ví dụ
40	H	CR	610	765	2	7	7	<u>Ví dụ so sánh</u>
41	I	CR	830	904	26	43	48	Ví dụ
42	I	CR	778	1014	20	47	28	Ví dụ
43	I	CR	795	911	26	57	26	Ví dụ
44	I	EG	780	994	22	48	43	Ví dụ
45	I	CR	982	1033	14	51	14	<u>Ví dụ so sánh</u>
46	J	CR	776	1067	23	40	36	Ví dụ
47	J	CR	695	1036	23	57	41	Ví dụ
48	J	CR	889	1063	21	40	41	Ví dụ
49	J	CR	799	1079	21	41	34	Ví dụ
50	J	CR	616	831	15	16	12	<u>Ví dụ so sánh</u>
51	K	CR	884	1150	20	47	36	Ví dụ
52	K	CR	988	1194	18	47	29	Ví dụ
53	K	CR	903	1126	21	51	44	Ví dụ
54	K	CR	854	1137	13	33	6	<u>Ví dụ so sánh</u>
55	K	CR	771	1114	12	32	13	<u>Ví dụ so sánh</u>
56	L	CR	769	1073	20	39	36	Ví dụ
57	L	CR	611	979	23	56	29	Ví dụ
58	L	GA	596	1056	20	48	40	Ví dụ
59	L	CR	681	990	16	19	7	<u>Ví dụ so sánh</u>
60	L	CR	540	974	15	15	8	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 18

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả đo chất lượng vật liệu					
			YS	TS	EL	λ	Trị số kéo	
			MPa	MPa	%	%	%	
61	M	CR	695	920	21	38	36	Ví dụ
62	M	CR	636	918	26	38	39	Ví dụ
63	M	CR	592	969	22	45	28	Ví dụ
64	N	CR	945	1346	16	37	43	Ví dụ
65	N	CR	1092	1406	14	51	26	Ví dụ
66	N	CR	767	1338	17	34	40	Ví dụ
67	O	CR	638	1018	20	47	46	Ví dụ
68	O	CR	632	979	24	35	34	Ví dụ
69	O	CR	646	970	22	51	35	Ví dụ
70	P	CR	1006	1323	15	47	44	Ví dụ
71	P	CR	1247	1472	13	35	48	Ví dụ
72	P	GA	1010	1355	16	50	45	Ví dụ
73	Q	CR	962	1094	17	48	48	Ví dụ
74	Q	CR	760	1067	18	60	31	Ví dụ
75	Q	GA	790	1048	22	45	44	Ví dụ
76	R	CR	764	1274	16	32	45	Ví dụ
77	R	CR	862	1265	16	36	35	Ví dụ
78	R	EG	798	1225	16	42	31	Ví dụ
79	S	CR	1004	1082	19	45	36	Ví dụ
80	S	CR	852	1096	20	54	48	Ví dụ
81	S	EG	938	1001	22	46	40	Ví dụ
82	T	CR	949	1022	22	49	37	Ví dụ
83	T	CR	980	1134	19	50	38	Ví dụ
84	T	GI	929	1061	17	53	32	Ví dụ
85	U	CR	857	1091	18	38	43	Ví dụ
86	U	CR	679	1052	18	44	41	Ví dụ
87	U	GI	998	1057	19	52	31	Ví dụ
88	V	CR	899	1173	18	42	46	Ví dụ
89	V	CR	852	1140	16	47	44	Ví dụ
90	V	CR	652	1122	19	39	29	Ví dụ
91	W	CR	677	1066	19	52	29	Ví dụ
92	W	CR	619	1048	20	52	31	Ví dụ
93	W	CR	735	1046	18	56	27	Ví dụ
94	X	CR	710	886	23	55	27	Ví dụ
95	X	CR	746	913	25	36	38	Ví dụ
96	X	CR	878	989	22	46	46	Ví dụ
97	Y	CR	837	1020	20	45	42	Ví dụ

98	Y	CR	681	969	20	47	40	Ví dụ
99	Y	CR	849	1017	21	39	41	Ví dụ
100	Z	CR	538	1015	21	35	37	Ví dụ
101	Z	CR	562	932	22	48	27	Ví dụ
102	Z	CR	676	980	22	32	34	Ví dụ
103	AA	CR	746	1029	21	42	4	<u>Ví dụ so sánh</u>
104	AB	CR	557	933	20	52	9	<u>Ví dụ so sánh</u>
105	AC	CR	687	1032	20	51	1	<u>Ví dụ so sánh</u>
106	AD	CR	656	942	25	45	5	<u>Ví dụ so sánh</u>
107	AE	CR	299	950	22	37	2	<u>Ví dụ so sánh</u>
108	AF	CR	696	934	25	46	3	<u>Ví dụ so sánh</u>

Bảng 19

Ví dụ thử nghiệm	Tấm thép được cán nguội	Loại thép	Kết quả đo chất lượng vật liệu					
			YS	TS	EL	λ	Trị số kéo	
			MPa	MPa	%	%	%	
201	BA	CR	633	918	23	52	28	Ví dụ
202	BA	GA	695	985	23	48	36	Ví dụ
203	BB	CR	753	1280	18	35	22	Ví dụ
204	BB	GI	649	1064	23	40	35	Ví dụ
205	BC	CR	737	908	22	42	33	Ví dụ
206	BC	EG	680	923	24	41	36	Ví dụ

Như được thể hiện trong các Bảng từ Bảng 16 đến Bảng 19, trong tất cả các ví dụ thử nghiệm mà là các ví dụ của sáng chế trong số các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, từ 201 đến 208, độ bền kéo là 900 MPa hoặc lớn hơn và kết quả của trị số kéo vượt là 20% hoặc lớn hơn và do đó là cao, và chúng có độ bền chống va đập tốt.

Mặt khác, trong các ví dụ thử nghiệm mà là các ví dụ so sánh trong số các ví dụ thử nghiệm từ 1 đến 108, độ bền kéo là nhỏ hơn 900 MPa, và/hoặc kết quả của trị số kéo vượt là thấp, và chúng không có độ bền cao và không có độ bền chống va đập tốt.

Hơn nữa, các ví dụ thử nghiệm 14 và 72 là các ví dụ mà màng phủ được tạo ra bởi oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm, và chúng có các đặc tính tốt.

Ví dụ thử nghiệm 5 là ví dụ mà nhiệt độ gia nhiệt phơi tấm trước bước cán nóng là thấp, và TiN thô vẫn còn lại và trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp là

kém.

Ví dụ thử nghiệm 10 là ví dụ mà giá trị của biểu thức 1 là lớn, và TiN thô tồn tại, và ví dụ thử nghiệm 59 là ví dụ mà giá trị của biểu thức 1 là nhỏ, và AlN thô tồn tại. Trong ví dụ thử nghiệm 10 và ví dụ thử nghiệm 59, trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Ví dụ thử nghiệm 15 là ví dụ mà nhiệt độ hoàn thiện cán nóng của bước cán nóng là thấp, và do các vi cấu trúc kéo dài theo một hướng và không đều, độ dẻo, khả năng uốn mép khi kéo căng, và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Ví dụ thử nghiệm 20 là ví dụ mà việc cuộn sau bước cán nóng là cao, và do các vi cấu trúc trở nên rất thô, độ dẻo, khả năng uốn mép khi kéo căng, và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 25, tốc độ làm nguội trung bình sau khi cuộn là cao, WMn_y/WMn là thấp, Mn tập trung vào austenit dư là không đủ, và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 30, do tỷ lệ làm giảm tiết diện của bước cán nguội là nhỏ và tỷ lệ các cạnh của austenit dư (tỷ lệ cạnh γ) là lớn, trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 35, do tốc độ gia nhiệt trung bình của bước ủ là cao và tỷ lệ các cạnh của austenit dư (tỷ lệ cạnh γ) là lớn, trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Ví dụ thử nghiệm 40 là ví dụ mà nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất trong bước ủ là thấp, và do nó chứa nhiều các cacbua gốc-sắt thô đóng vai trò như điểm bắt đầu phá hủy, độ dẻo, khả năng uốn mép khi kéo căng, và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 45, do tốc độ làm nguội đến 700°C là cực cao và cấu trúc đủ mềm không thu được, độ dẻo và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 50, tốc độ làm nguội 1 là quá thấp, cacbua thô được tạo ra, cấu trúc mềm không thu được đầy đủ, độ bền là kém, và độ dẻo, khả năng uốn mép khi kéo căng, và trị số kéo vuốt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 54, thời gian duy trì ở 350 đến 450°C là ngắn, lượng austenit dư là nhỏ, và độ dẻo và trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 55, thời gian duy trì ở 350 đến 450°C là dài, lượng austenit dư là nhỏ, cacbua thô được tạo ra, và độ dẻo và trị số kéo vượt ở nhiệt độ thấp là kém.

Trong ví dụ thử nghiệm 60, tốc độ làm nguội 2 là thấp, cacbua thô được tạo ra, và độ dẻo, khả năng uốn mép khi kéo căng, và trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp là kém.

Các ví dụ thử nghiệm từ 103 đến 108 là các ví dụ mà các thành phần hóa học nằm ngoài các khoảng định trước, và trong ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ này, không thu được trị số kéo vượt ở các nhiệt độ thấp.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, chứa các nguyên tố sau (tính theo % khối lượng):

C: 0,075 đến 0,300%,

Si: 0,30 đến 2,50%,

Mn: 1,30 đến 3,50%,

P: 0,001 đến 0,050%,

S: 0,0001 đến 0,0050%,

Al: 0,001 đến 0,050%,

Ti: 0,0010 đến 0,0150%,

N: 0,0001 đến 0,0050%, và

O: 0,0001 đến 0,0030%,

với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi, và

có cấu trúc tấm thép trong đó ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày qua 1/4 chiều dày tấm, từ 1 đến 8% austenit dư có mặt, tính theo phần thể tích, tỷ lệ cạnh trung bình của austenit dư là 2,0 hoặc nhỏ hơn, lượng dung dịch-rắn Mn trong austenit dư bằng 1,1 lần lượng trung bình của Mn hoặc lớn hơn, các hạt TiN có đường kính hạt trung bình là 0,5 μm hoặc nhỏ hơn được chứa, và mật độ của các hạt AlN có đường kính hạt trung bình 1 μm hoặc lớn hơn là 1,0 hạt/ mm^2 hoặc nhỏ hơn, và

trong đó độ bền kéo lớn nhất là 900 MPa hoặc lớn hơn.

2. Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 1,

trong đó ở vùng 1/8 chiều dày đến 3/8 chiều dày của tấm thép, cấu trúc tấm thép chứa, tính theo phần thể tích, từ 10 đến 75% ferit, một hoặc cả hai trong số ferit bainitic và bainit với tổng lượng từ 10 đến 50%, và từ 10 đến 50% martensit ram, và

trong đó peclit được giới hạn đến 5% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích, và martensit mới được giới hạn đến 15% hoặc nhỏ hơn, tính theo phần thể tích.

3. Tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 1, trong đó tấm

thép này còn chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số:

Nb: 0,0010 đến 0,0150%,

V: 0,010 đến 0,150%,

B: 0,0001 đến 0,0100%,

Cr: 0,01 đến 2,00%,

Ni: 0,01 đến 2,00%,

Cu: 0,01 đến 2,00%,

Mo: 0,01 đến 1,00%, và

W: 0,01 đến 1,00%, và/hoặc

một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM (kim loại đất hiếm) với tổng lượng từ 0,0001 đến 0,5000% khối lượng.

4. Tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 1, trong đó lớp mạ kẽm được tạo ra trên một bề mặt.

5. Tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 4, trong đó màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được tạo ra trên bề mặt của lớp mạ kẽm.

6. Phương pháp sản xuất tấm thép có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, phương pháp này bao gồm:

bước cán nóng, trong đó thổi tấm chứa các nguyên tố sau (tính theo % khối lượng):

C: 0,075 đến 0,300%,

Si: 0,30 đến 2,50%,

Mn: 1,30 đến 3,50%,

P: 0,001 đến 0,050%,

S: 0,0001 đến 0,0050%,

Al: 0,001 đến 0,050%,

Ti: 0,0010 đến 0,0150%,

N: 0,0001 đến 0,0050%, và

O: 0,0001 đến 0,0030%,

với lượng còn lại là sắt và các tạp chất không tránh khỏi

được gia nhiệt đến nhiệt độ 1210°C hoặc cao hơn, bước làm giảm tiết diện được thực hiện trong điều kiện thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây ít nhất là trong khoảng nhiệt độ từ 1100 đến 1000°C, bước làm giảm tiết diện được hoàn thiện ở nhiệt độ hoàn thiện cán nóng, mà nằm trong khoảng từ nhiệt độ cao hơn trong số 800°C hoặc điểm chuyển hóa Ar_3 đến nhiệt độ 970°C, bước cuộn được thực hiện ở khoảng nhiệt độ bằng 750°C hoặc thấp hơn, và bước làm nguội được thực hiện ở tốc độ làm nguội trung bình là 15°C/giờ hoặc thấp hơn;

bước cán nguội, trong đó việc cán nguội được thực hiện ở tỷ lệ làm giảm tiết diện từ 30 đến 75% sau bước cán nóng; và

bước ủ liên tục để thực hiện, sau bước cán nguội, ủ mà trong đó việc gia nhiệt được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 550 đến 700°C ở tốc độ gia nhiệt trung bình 10°C/giây hoặc nhỏ hơn, nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất được điều chỉnh đến nhiệt độ nằm giữa (điểm chuyển hóa $Ac_1 + 40$) và 1000°C, bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ gia nhiệt lớn nhất đến 700°C ở tốc độ làm nguội trung bình từ 1,0 đến 10,0°C/giây, bước làm nguội được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C ở tốc độ làm nguội trung bình từ 5,0 đến 200,0°C/giây, và quá trình duy trì được thực hiện ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C trong từ 30 đến 1000 giây;

$$1,0 \leq \left\{ \sum_{i=1}^N \left[\left\{ -97,2 + 5,47 \cdot (T_{i+1} + T_i)^{1/2} - 0,067 \cdot (T_{i+1} + T_i) \right\}^2 \cdot \exp \left(-\frac{20800}{T_{i+1} + T_i} \right) \cdot t_i \cdot \varepsilon_i^{1/2} \right] \right\}^{1/2} \leq 5,0$$

(biểu thức số học 1)

trong biểu thức (1), i thể hiện số rãnh cán, T_i thể hiện nhiệt độ làm việc của rãnh cán thứ i , t_i thể hiện thời gian trôi qua từ rãnh cán thứ i đến rãnh cán thứ $i+1$, và ε_i thể hiện tỷ lệ làm giảm tiết diện của rãnh cán thứ i .

7. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 6, trong đó phôi tấm chứa, tính theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số:

Nb: 0,0010 đến 0,0150%,

V: 0,010 đến 0,150%,

B: 0,0001 đến 0,0100%,

Cr: 0,01 đến 2,00%,

Ni: 0,01 đến 2,00%,

Cu: 0,01 đến 2,00%,

Mo: 0,01 đến 1,00%, và

W: 0,01 đến 1,00%, và/hoặc

một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Ce, Mg, Zr, Hf, và REM (kim loại đất hiếm) với tổng lượng từ 0,0001 đến 0,5000% khối lượng.

8. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, trong đó trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất theo điểm 6, lớp mạ kẽm được tạo ra trên bề mặt của tấm thép bằng cách mạ kẽm bằng điện sau quá trình duy trì.

9. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt, trong đó trong bước ủ liên tục của phương pháp sản xuất theo điểm 6, sau khi làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ 700 đến 500°C, tấm thép được nhúng trong bể mạ kẽm để tạo thành lớp mạ kẽm trên bề mặt của tấm thép trước quá trình duy trì ở khoảng nhiệt độ từ 350 đến 450°C hoặc sau quá trình duy trì.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 9, trong đó sau khi được nhúng trong bể mạ kẽm, tấm thép được gia nhiệt lại đến nhiệt độ từ 460 đến 600°C và được duy trì trong hai giây hoặc lâu hơn để làm hợp kim hóa lớp mạ kẽm.

11. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 9, trong đó sau khi lớp mạ kẽm được tạo ra, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm.

12. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ kẽm có độ bền cao, độ bền chống va đập tốt theo điểm 10, trong đó sau khi lớp mạ kẽm được hợp kim hóa, màng phủ được tạo ra bởi phospho oxit và/hoặc oxit hỗn hợp chứa phospho được phủ lên trên bề mặt của lớp mạ kẽm đã được hợp kim hóa.