



(12) **BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ**

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



(51)⁷ **C22C 38/00, B21B 3/00, C21D 9/46, C22C 38/14, 38/58, C23C 2/02, 2/28** (13) **B**

-
- | | |
|---|---------------------------------|
| (21) 1-2014-00736 | (22) 08.08.2012 |
| (86) PCT/JP2012/070259 08.08.2012 | (87) WO2013/022043A1 14.02.2013 |
| (30) 2011-173760 09.08.2011 JP | |
| (45) 25.07.2019 376 | (43) 26.05.2014 314 |
| (73) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071, Japan | |
| (72) MARUYAMA, Naoki (JP), YOSHINAGA, Naoki (JP), AZUMA, Masafumi (JP),
SAKUMA, Yasuharu (JP), ITAMI, Atsushi (JP) | |
| (74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD) | |
-

(54) **TẤM THÉP CÁN NÓNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY**

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn và có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời và phương pháp sản xuất tấm thép này, cụ thể là, tấm thép chứa các nguyên tố sau, (tính theo % khối lượng): C: 0,04 đến 0,09%, Si: 0,4% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,2 đến 2,0%, P: 0,1% hoặc nhỏ hơn, S: 0,02% hoặc nhỏ hơn, Al: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,02 đến 0,09%, Ti: 0,02 đến 0,07%, và N: 0,005% hoặc nhỏ hơn, trong đó: $2,0 \leq \text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}] \leq 2,6$, lượng còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, có phần trăm diện tích của pearlit là 5% hoặc nhỏ hơn, tổng phần trăm diện tích của martensit và austenit được giữ lại là 0,5% hoặc nhỏ hơn, còn lại là cấu trúc kim loại của ferrit và/hoặc bainit, có cỡ hạt trung bình của ferrit và bainit là 10 μm hoặc nhỏ hơn, có cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb là 20 nm hoặc nhỏ hơn, và có tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc cao hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn, tấm thép này có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ-heat affected zone) tuyệt vời và sáng chế đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép này thích hợp để làm nguyên liệu cho các cần cầu trục và các khung của máy xây dựng và làm nguyên liệu cho các khung, các chi tiết, v.v., của các xe tải và các xe con, mà các chi tiết này chủ yếu được tạo hình bằng cách uốn cong và ngoài ra còn được sử dụng làm nguyên liệu cho các đường ống.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các khung của máy xây dựng và các loại xe tải được lắp ráp bằng cách tạo hình tấm thép cán nóng chủ yếu bằng cách uốn cong và hàn hồ quang các phần được tạo hình. Do đó, nguyên liệu được sử dụng làm các bộ phận này cần phải có khả năng uốn cong và khả năng hàn hồ quang tuyệt vời. Ngoài ra, đôi khi máy xây dựng và các xe tải được sử dụng trong các môi trường nhiệt độ thấp, cụ thể là với các khung dùng cho xe tải v.v., thì các đặc tính chống lại sự gãy giòn và có thể hấp thụ đủ năng lượng va đập khi xảy ra va đập, ngay cả ở nhiệt độ thấp, được xét đến.

Tài liệu phi sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 bộc lộ tấm thép có độ hấp thụ năng lượng va đập tuyệt vời. Tuy nhiên, các tấm thép này có các cấu trúc, mà bao gồm austenit hoặc mactensit được giữ lại và còn tối ưu hóa các cấu trúc kim loại của các tấm thép để đạt được các đặc tính chịu va đập tuyệt vời. Tuy nhiên, các cấu trúc như vậy của tấm thép có các nhược điểm là ứng suất biến dạng thấp và có nhược điểm về khả năng uốn cong.

Ngoài ra, tài liệu sáng chế 3 bộc lộ phương pháp sản xuất tấm thép loại mỏng mà có độ hấp thụ năng lượng va đập cao với mức biến dạng cao theo cách

ổn định bằng cách cán nguội. Tuy nhiên, phương pháp này có nhược điểm là vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) lớn của vùng hàn hồ quang bị hóa mềm và không thể đạt được đủ độ bền liên kết hàn và, ngoài ra không có lợi về chi phí sản xuất.

Một phương pháp để thu được tấm thép cán nóng mà có khả năng uốn cong tuyệt vời và tỷ lệ giới hạn chảy cao, chẳng hạn, phương pháp phân tán Ti, Nb, và các cacbua hợp kim khác trong thép như được thể hiện trong các tài liệu sáng chế 4 đến tài liệu sáng chế 6 đã được bộc lộ. Tuy nhiên, tấm thép mà có được sự tăng cứng do kết tủa như vậy đôi khi tạo ra vùng bị hóa mềm lớn của vùng bị tác động bởi nhiệt do hàn hồ quang và làm giảm độ bền liên kết. Ngoài ra, đôi khi có các nhược điểm là vết gãy giòn xuất hiện ở nhiệt độ thấp và độ hấp thụ năng lượng va đập trở nên nhỏ.

Mặt khác, tài liệu sáng chế 7 và tài liệu sáng chế 8 đã bộc lộ kỹ thuật để ngăn chặn sự hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt do hàn, tài liệu sáng chế 7 bộc lộ phương pháp bổ sung tổng hợp Mo và Nb hoặc Ti, trong khi tài liệu sáng chế 8 bộc lộ phương pháp tối ưu hóa các thành phần để ngăn chặn sự hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) ngay cả trong tấm thép được tăng cứng nhờ kết tủa, mà chứa Ti. Tuy nhiên, với các phương pháp này, có các nhược điểm là vết gãy giòn xuất hiện ở nhiệt độ thấp và đôi khi độ hấp thụ năng lượng va đập trở nên nhỏ.

Tài liệu sáng chế 9 bộc lộ phương pháp thiết lập các điều kiện cán phù hợp từ quá trình cán thô đến quá trình cán tinh tấm thép và sau đó xử lý làm mát phù hợp để tạo ra tấm thép cán nóng dung cho sự sử dụng ống thép được hàn điện trở độ bền cao, mà có độ bền chịu nhiệt thấp và khả năng hàn tuyệt vời. Phương pháp này kiểm soát sự tái kết tinh trong quá trình cán thô và trong quá trình cán tinh của tấm thép để thu được cấu trúc kim loại hạt mịn và thu được tấm thép có độ bền chịu nhiệt thấp tuyệt vời, nhưng không có mục đích kiểm soát kích thước hoặc việc phân phối các cacbonitrit hợp kim. Do vậy, việc kiểm soát kích thước và phân phối các cacbonitrit hợp kim không được làm tối ưu hóa, vì thế có nhược điểm làm giảm độ hấp thụ năng lượng va đập.

Tài liệu sáng chế 10 bộc lộ phương pháp thiết lập tốc độ giảm cán phù

hợp và thời gian giữ trong quy trình cán thô của tấm thép và các điều kiện cán tinh phù hợp để tạo ra tấm thép cán nóng có độ bền cao, mà có độ bền và chống rạn nứt bằng hydro. Mục đích của việc tối ưu hóa quy trình cán thô theo phương pháp này là thúc đẩy sự tái kết tinh của thép, nhưng không có mục đích kiểm soát kích thước hoặc phân phối các hợp kim kết tủa. Kết quả là, việc kiểm soát kích thước hoặc phân phối các hợp kim kết tủa không được làm tối ưu hóa, vì thế có nhược điểm là làm giảm độ hấp thụ năng lượng va đập. Cũng liên quan đến các điều kiện cán tinh, với phương pháp được mô tả trong tài liệu sáng chế 10, có nhược điểm là không thể kiểm soát kích thước hoặc sự phân phối các hợp kim kết tủa và không thể đạt được độ hấp thụ năng lượng va đập tuyệt vời.

Tài liệu sáng chế 11 bộc lộ kỹ thuật phân tán phù hợp các hạt kết tủa trong vùng bị tác động bởi nhiệt do hàn để thu được tấm thép cán nóng có độ bền cao, mà có độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời. Tuy nhiên, kỹ thuật này phân tán các chất kết tủa mịn trong HAZ của tấm thép trong quá trình hàn hồ quang, nhưng kích thước của các hạt kết tủa trong tấm thép không được làm tối ưu hóa, vì thế có nhược điểm là tấm thép không có độ hấp thụ năng lượng va đập tuyệt vời.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2007-284776A

Tài liệu sáng chế 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2005-290396A

Tài liệu sáng chế 3: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 10-58004A

Tài liệu sáng chế 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2009-185361A

Tài liệu sáng chế 5: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2007-9322A

Tài liệu sáng chế 6: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2005-264239A

Tài liệu sáng chế 7: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2003-231941A

Tài liệu sáng chế 8: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2001-89816A

Tài liệu sáng chế 9: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2001-207220A

Tài liệu sáng chế 10: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 10-298645A

Tài liệu sáng chế 11: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2008-280552A

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Báo cáo kỹ thuật của công ty thép Nippon (Nippon Steel Technical Reports), tập 378 (2003), trang 2.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Sáng chế được tạo ra để giải quyết các vấn đề nêu trên và mục đích của sáng chế là tạo ra tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ bền chịu kéo lớn nhất 600 MPa hoặc lớn hơn, mà có cả độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Giải pháp kỹ thuật

Các tác giả đã nghiên cứu chuyên sâu về các yếu tố ảnh hưởng đến sự hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp của tấm thép mà chứa Ti và các cacbonitrit hợp kim khác, mà nhờ đó tỷ lệ giới hạn chảy cao có thể thu được ổn định. Kết quả là, họ đã phát hiện ra rằng sự hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) có thể được ngăn chặn bằng cách thiết lập các lượng Ti, Nb, và Mn phù hợp.

Ngoài ra, các tác giả còn nghiên cứu chuyên sâu phương pháp cải thiện độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và phát hiện trong lần đầu tiên rằng

bằng cách làm giảm hệ số phần trăm tiết diện của peclit trong cấu trúc kim loại của tấm thép và thay vì loại bỏ càng nhiều càng tốt austenit và mactensit bị giữ lại, việc loại bỏ này trong quá khứ được xem là có lợi trong việc cải thiện độ hấp thụ năng lượng va đập, và, ngoài ra, bằng cách tối ưu hóa việc so khớp mạng với ma trận Fe và kích thước của cacbonitrit hợp kim mà chứa Ti và Nb, mà chúng bị phân tán trong thép, cụ thể là kiểm soát kích thước hạt của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt giao thoa không kết hợp, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp, mà nó là vấn đề trong tấm thép được tăng cứng nhờ kết tủa, được cải thiện.

Thông thường, trong thép được tăng cứng nhờ kết tủa mà chứa Nb và Ti, các kết tủa được kiểm soát để có trạng thái so khớp lưới tốt có hướng tinh thể cụ thể liên quan đến ma trận Fe, nhưng lần này các tác giả đã nghiên cứu mối tương quan với độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và kết quả là đã phát hiện ra rằng các cacbonitrit hợp kim trong trạng thái bị kết tủa có sự so khớp lưới tốt với ma trận Fe có xu hướng cản trở sự bắt đầu và lan truyền của các vết nứt, trong khi các cacbonitrit hợp kim trong trạng thái không liên tục với ma trận Fe làm giảm lượng hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp ngay cả khi có kích thước tương đối nhỏ. Cơ chế mà nhờ đó sự so khớp lưới của các cacbonitrit hợp kim với ma trận làm ảnh hưởng đến lượng hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là không chắc chắn, nhưng có thể là nếu sự so khớp lưới của các cacbonitrit hợp kim và ma trận Fe là thấp, thì điều này trở thành điểm khởi đầu của sự bong tróc mặt phân giới hoặc tạo ra các lỗ rỗng và tăng khả năng tạo ra vết gãy dẻo và vết gãy giòn.

Các tác giả đã nghiên cứu chuyên sâu quy trình sản xuất và các khoảng của các thành phần để đạt được loại cấu trúc nêu trên và kết quả là tấm thép cán nóng có độ bền chịu kéo lớn nhất 600 MPa hoặc lớn hơn và tấm thép được mạ mà đạt được cả độ bền chống hóa mềm HAZ và độ hấp thụ năng lượng nhiệt độ thấp và còn có tỷ lệ giới hạn chảy cao và khả năng uốn cong tuyệt vời. Nghĩa là, bản chất của sáng chế là như sau:

(1) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời, khác

biệt ở chỗ, tấm thép này bao gồm các nguyên tố (tính theo % khối lượng):

C: 0,04 đến 0,09%,

Si: 0,4% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 1,2 đến 2,0%,

P: 0,1% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,02% hoặc nhỏ hơn,

Al: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,02 đến 0,09%,

Ti: 0,02 đến 0,07%, và

N: 0,005% hoặc nhỏ hơn,

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

trong đó: $2,0 \leq \text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}] \leq 2,6$, và

có cấu trúc kim loại, mà bao gồm phần trăm diện tích của peclit là 5% hoặc nhỏ hơn, tổng phần trăm diện tích của mactensit và austenit được giữ là 0,5% hoặc nhỏ hơn, và còn lại là một trong số hoặc cả ferit lẫn bainit,

có cỡ hạt trung bình của ferit và bainit là 10 μm hoặc nhỏ hơn,

có cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb là 20 nm hoặc nhỏ hơn,

có tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc lớn hơn, và

có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn.

(2) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo mục (1), khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm nguyên tố: V: 0,01 đến 0,12% (tính theo % khối lượng).

(3) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo mục 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Cr, Cu, Ni, và Mo với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,02 đến 2,0% (tính theo % khối lượng).

(4) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo mục

bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm nguyên tố: B: 0,0003 đến 0,005% (tính theo % khối lượng).

(5) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Mg, La, và Ce với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,01% (tính theo % khối lượng).

(6) Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) được mạ hoặc được mạ hợp kim trên bề mặt.

(7) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm bước: gia nhiệt tấm thép có thành phần theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) nhiệt độ đến 1150°C hoặc cao hơn, cán thô tấm thép được gia nhiệt, kết thúc quá trình cán thô ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1080°C, trong đó khoảng thời gian cán lớn nhất trong quá trình cán thô mà được thực hiện tại nhiệt độ 1150°C hoặc nhỏ hơn là 45 giây hoặc ngắn hơn, sau khi cán thô, giữ tấm thép trong khoảng thời gian giữ t₁ (giây), mà thỏa mãn công thức (1) dưới đây, sau đó bắt đầu cán tinh, thực hiện quá trình cán tinh với nhiệt độ cán tinh T_f, mà thỏa mãn công thức (2) dưới đây để thu được tấm thép, bắt đầu làm mát bằng nước tấm thép trong vòng 3 giây sau khi cán tinh, sau đó làm mát tấm thép về nhiệt độ 700°C hoặc nhỏ hơn ở tốc độ làm mát thấp nhất là 8°C/giây hoặc lớn hơn, và làm mát tấm thép ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 530°C đến 650°C.

$$1000 \times ([\%Ti] + [\%Nb]) > t_1 \quad \text{công thức (1)}$$

$$T_f > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb]) \quad \text{công thức (2)}$$

(8) Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao theo mục (7), khác biệt ở chỗ, nhiệt độ cán tinh T_f thỏa mãn công thức (3) dưới đây:

$$T_f > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb]) \quad \text{công thức (3)}$$

(9) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ được cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm bước: tẩy sạch tấm thép cán nóng mà thu được bởi phương pháp sản xuất theo mục (7) hoặc (8), gia nhiệt tấm thép ở nhiệt độ A_{c3} hoặc nhỏ hơn, sau đó nhúng trong bể mạ để mạ bề mặt của tấm thép.

(10) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ được cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo mục (9) khác biệt ở chỗ phương pháp này còn bao gồm bước hợp kim hóa tấm thép được mạ sau bước mạ.

Hiệu quả của sáng chế

Theo tấm thép cán nóng theo sáng chế, do cấu tạo nêu trên, có thể thu được tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao mà có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn và có độ bền chống hóa mềm HAZ và hấp thụ năng lượng nhiệt độ thấp tuyệt vời và còn có khả năng uốn cong. Với tấm thép thông thường, có các nhược điểm là có nhiều hạn chế khi sử dụng và thao tác ở nhiệt độ thấp và không có đủ độ bền liên kết, nhưng theo tấm thép cán nóng theo sáng chế, có thể sử dụng trong các vùng lạnh, độ bền được gia tăng cho phép các sản phẩm được làm giảm độ dày, và hiệu quả làm giảm trọng lượng máy xây dựng, các xe ô tô và các xe tải có thể được kỳ vọng.

Ngoài ra, theo phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo sáng chế, có thể sản xuất tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao mà có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn và có độ bền chống hóa mềm HAZ và hấp thụ năng lượng nhiệt độ thấp tuyệt vời và còn có khả năng uốn cong.

Lưu ý là theo sáng chế, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp tuyệt vời nghĩa là độ hấp thụ năng lượng va đập trong thử nghiệm va đập Charpy tại -40°C là $70\text{J}/\text{cm}^2$ hoặc lớn hơn. Ngoài ra, độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời nghĩa là hiệu số ΔHV ($= \text{HV}_{\text{BM}} - \text{HV}_{\text{HAZ}}$) là 40 hoặc nhỏ hơn giữa độ cứng Vicker's (HV_{HAZ}) của phần mềm nhất của vùng bị tác động bởi nhiệt

(HAZ) do hàn và độ cứng Vicker's (HV_{BM}) của nguyên liệu tại thời điểm hàn hồ quang theo dòng điện, điện thế hàn, và tốc độ hàn để đưa ra hình dạng đường hàn đẹp và theo nhiệt hàn được đưa vào là 10000J/cm hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, "khả năng uốn cong tuyệt vời" nghĩa là r_{lim}/t là 1,0 hoặc nhỏ hơn khi độ dày của mẫu thử nghiệm trong thử nghiệm uốn cong 90°V là "t" và bán kính giới hạn của đường cong trong đó không xuất hiện các vết nứt là r_{lim} .

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là biểu đồ thể hiện mối tương quan giữa $Mn + 8Ti + 12Nb$ và vE_{-40} và ΔHV .

Fig.2 là biểu đồ thể hiện hiệu quả của lượng $Ti + Nb$ lên mối tương quan giữa thời gian giữ t_1 và vE_{-40} từ lúc kết thúc quá trình cán thô đến lúc bắt đầu quá trình cán tinh.

Fig.3A là biểu đồ thể hiện mối tương quan của trọng lượng $Ti + Nb$ và T_f (°C) của các ví dụ theo sáng chế và hai kiểu ví dụ so sánh (A-7 và B-6) trong số các kiểu thép mà được thể hiện trong Bảng 2.

Mô tả chi tiết sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được giải thích chi tiết. Trước hết, các lý do để giới hạn các thành phần thép của tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao mà có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời theo sáng chế sẽ được giải thích. Ở đây, "%" đối với các thành phần là % theo trọng lượng.

"C: 0,04 đến 0,09%"

Nếu lượng C nhỏ hơn 0,04%, thì khó đảm bảo độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu lớn hơn 0,09%, các cacbonitrit hợp kim thô với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb gia tăng và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm xuống, vì thế hàm lượng bị giới hạn nằm trong khoảng từ 0,04% đến 0,09%.

"Si: 0,4% hoặc nhỏ hơn"

Nếu lượng Si vượt quá 0,4%, đôi khi mactensit hoặc austenit còn lại trong cấu trúc tấm thép và độ bền chịu nhiệt thấp và độ hấp thụ năng lượng va đập

giảm đi. Vì lý do này, khoảng phù hợp được tạo ra là 0,4% hoặc nhỏ hơn. Từ quan điểm đảm bảo khả năng uốn cong, 0,2% hoặc nhỏ hơn là tốt hơn. Giới hạn dưới của lượng Si không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu nhỏ hơn 0,001%, chi phí sản xuất gia tăng, vì thế 0,001% là giới hạn dưới cơ bản.

"Mn: 1,2 đến 2,0%"

Mn được sử dụng để đảm bảo độ bền của ma trận thông qua việc kiểm soát cấu trúc kim loại của thép. Ngoài ra, đây là phần tử mà góp phần vào việc ngăn chặn sự hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) của vùng hàn. Nếu nhỏ hơn 1,2%, phần trăm diện tích của peclit gia tăng, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm đi, và ngoài ra lượng hóa mềm HAZ gia tăng, vì thế độ bền của mối hàn giảm đi đáng kể so với độ bền của ma trận. Nếu lượng Mn quá 2,0%, đôi khi mactensit cứng được tạo ra và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm đi, vì thế khoảng thích hợp được tạo ra là 2,0% hoặc nhỏ hơn. Theo quan điểm đảm bảo khả năng uốn cong, hàm lượng tốt hơn là 1,8% hoặc nhỏ hơn.

"P: 0,1% hoặc nhỏ hơn"

P được sử dụng để đảm bảo độ bền của thép. Tuy nhiên, nếu lượng P lớn hơn 0,1%, độ bền chịu nhiệt thấp giảm đi và, ngoài ra, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp không thể thu được, vì thế khoảng phù hợp được tạo ra 0,1% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu nhỏ hơn 0,001%, chi phí sản xuất tăng lên, vì thế 0,001% là giới hạn dưới cơ bản.

"S: 0,02% hoặc nhỏ hơn"

S là thành phần mà ảnh hưởng đến độ hấp thụ năng lượng va đập. Nếu lượng S lớn hơn 0,02%, ngay cả khi kiểm soát phần trăm diện tích của cấu trúc kim loại và kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp không thể thu được, vì thế khoảng phù hợp được tạo ra là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu nhỏ hơn 0,0003%, chi phí sản xuất gia tăng, vì thế 0,0003% là giới hạn dưới cơ bản.

"Al: 1,0% hoặc nhỏ hơn"

Al được sử dụng để khử oxit và kiểm soát cấu trúc kim loại của tấm thép.

Nếu lượng Al trên 1,0%, vùng bị tác động bởi nhiệt trong quá trình hàn hồ quang hóa mềm và không thể thu được đủ độ bền mối hàn, vì thế khoảng phù hợp được tạo ra là 1,0% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu nhỏ hơn 0,001%, chi phí sản xuất gia tăng, vì thế 0,001% là giới hạn dưới cơ bản.

"Nb: 0,02 đến 0,09%"

Nb được sử dụng làm phần tử kết tủa tăng bền để điều chỉnh độ bền của thép và được sử dụng để ngăn chặn sự hóa mềm của HAZ do hàn. Nếu nhỏ hơn 0,02%, thì sẽ không có hiệu quả ngăn chặn sự hóa mềm của HAZ do hàn được nhìn thấy, trong khi nếu nhiều hơn 0,09%, các cacbonitrit hợp kim thô mà chứa Ti và Nb được kết tủa không kết hợp gia tăng và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp bị giảm xuống, vì thế hàm lượng được giới hạn nằm trong phạm vi từ 0,02% đến 0,09%.

"Ti: 0,02 đến 0,07%"

Ti được sử dụng làm phần tử kết tủa tăng bền để điều chỉnh độ bền của thép và được sử dụng để ngăn chặn sự hóa mềm của HAZ do hàn. Nếu nhỏ hơn 0,02%, sẽ khó thu được độ bền chịu kéo lớn nhất 600 MPa hoặc lớn hơn. Ngoài ra, nếu lớn hơn 0,07%, các cacbonitrit hợp kim thô được kết tủa không kết hợp mà chứa Ti và Nb gia tăng và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp bị giảm xuống, vì thế hàm lượng được giới hạn là nằm trong khoảng từ 0,02% đến 0,07%. Để thu được một cách ổn định tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc lớn hơn, tốt hơn là giới hạn dưới được thiết đặt là 0,03%.

"N: 0,005% hoặc nhỏ hơn"

N đóng góp vào kích cỡ hạt của cấu trúc kim loại của tấm thép thông qua việc tạo thành các nitrit. Tuy nhiên, nếu lớn hơn 0,005%, các cacbonitrit hợp kim thô với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb gia tăng và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp bị giảm đi, vì thế hàm lượng bị giới hạn nằm trong khoảng 0,005% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu nhỏ hơn 0,0003%, chi phí sản xuất gia tăng, vì thế 0,0003% là giới hạn dưới cơ bản.

" $2,0 \leq \text{Mn} + 8[\% \text{Ti}] + 12[\% \text{Nb}] \leq 2,6$ "

"Mn + 8[%Ti] + 12[%Nb]" là tổng các hệ số đóng góp của các phần tử khác nhau liên quan đến độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và sự hóa mềm HZ do hàn. Như được thể hiện trên Fig.1, nếu vẽ biểu đồ mối tương quan của bộ chỉ báo hấp thụ năng lượng va đập của vE_{-40} và bộ chỉ báo hóa mềm HAZ là ΔHV cho 11 loại thép khác nhau theo Ti và Nb, nếu giá trị của tham số này nhỏ hơn 2,0, độ bền chống hóa mềm HAZ đủ không thể thu được (nghĩa là, $\Delta HV > 40$) và việc thu được độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn trở nên khó khăn, trong khi nếu lớn hơn 2,6, các cacbonitrit hợp kim thô với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb gia tăng và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp bị giảm xuống (nghĩa là, $vE_{-40} < 70 \text{ J/cm}^2$). Vì lý do này, khoảng phù hợp được giới hạn trong khoảng từ 2,0 đến 2,6.

Theo sáng chế, ngoài các phần tử cốt yếu ở trên, các phần tử dưới đây cũng có thể bao gồm có chọn lọc làm các thành phần thép.

"V: 0,01 đến 0,12%"

V có thể được sử dụng để điều chỉnh độ bền của thép. Tuy nhiên, nếu hàm lượng V nhỏ hơn 0,01%, sẽ không có hiệu quả điều chỉnh độ bền của thép. Ngoài ra, nếu lớn hơn 0,12%, sẽ làm tăng tính giòn và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm. Vì lý do này, khoảng thích hợp được giới hạn nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,12%.

"Một hoặc nhiều trong số Cr, Cu, Ni, và Mo trong tổng số từ 0,02 đến 2,0%"

Cr, Cu, Ni, và Mo có thể được sử dụng để kiểm soát cấu trúc của thép. Tuy nhiên, nếu tổng hàm lượng của một hoặc nhiều trong số các phần tử này nhỏ hơn 0,02%, sẽ không có hiệu quả nêu trên kèm theo sự bổ sung. Ngoài ra, nếu hàm lượng lớn hơn 2,0%, austenit được giữ lại và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm đi. Vì lý do này, khoảng phù hợp của tổng lượng các phần tử này bị giới hạn nằm trong khoảng 0,02 đến 2,0%.

"B: 0,0003 đến 0,005%"

B có thể được sử dụng để kiểm soát cấu trúc của tấm thép. Tuy nhiên, nếu lượng B nhỏ hơn 0,0003%, hiệu quả đó không được thể hiện. Ngoài ra, nếu lượng B lớn hơn 0,005%, mactensit đôi khi được tạo ra và độ hấp thụ năng

lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm. Vì lý do này, khoảng phù hợp bị giới hạn nằm trong khoảng 0,0003 đến 0,005%.

"Một hoặc nhiều trong số Ca, Mg, La, và Ce trong tổng số từ 0,0003 đến 0,01%"

Ca, Mg, La, và Ce có thể được sử dụng để khử oxit của thép. Tuy nhiên, nếu tổng lượng của một hay nhiều trong số các phần tử này nhỏ hơn 0,0003, sẽ không có hiệu quả nêu trên, trong khi nếu lớn hơn 0,01%, vết gãy giòn xuất hiện ở nhiệt độ thấp và độ hấp thụ năng lượng va đập giảm. Vì lý do này, khoảng phù hợp bị giới hạn nằm trong khoảng 0,0003 đến 0,01%.

Lưu ý là phần còn lại của các thành phần là Fe và các tạp chất không tránh khỏi, nhưng các thành phần thép theo phương án không bị giới hạn cụ thể liên quan đến các phần tử khác. Các phần tử khác nhau có thể được bao gồm một cách thích hợp để điều chỉnh độ bền.

Tiếp theo, cấu trúc kim loại của tấm thép cán nóng theo sáng chế sẽ được giải thích.

Tấm thép cán nóng theo sáng chế có thể chứa ferit và bainit làm các pha chính và phần còn lại là một hoặc nhiều hợp chất trong số peclit, mactensit, và austenit được giữ lại.

"Phần trăm diện tích của peclit"

Trong thép được tăng cứng nhờ kết tủa mà chứa Nb và Ti, nếu phần trăm diện tích của peclit vượt quá 5%, vết gãy giòn dễ xuất hiện ở nhiệt độ thấp và, ngoài ra, độ hấp thụ năng lượng va đập giảm, vì thế giới hạn trên được tạo ra là 5%. Từ quan điểm đảm bảo khả năng uốn cong, phạm vi thích hợp là 3% hoặc nhỏ hơn. Lưu ý là, giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng có phần trăm diện tích của peclit là gần không là tốt hơn liên quan đến độ hấp thụ năng lượng va đập.

"Tổng phần trăm diện tích của mactensit và austenit được giữ lại"

Trong thép được tăng cứng nhờ kết tủa mà chứa Nb và Ti, nếu tổng phần trăm diện tích của mactensit và austenit được giữ lại vượt quá 0,5%, vết gãy giòn dễ xuất hiện ở nhiệt độ thấp và, ngoài ra, độ hấp thụ năng lượng va đập giảm. Vì lý do này, giới hạn trên của tổng phần trăm diện tích được tạo ra là 0,5%. Lưu ý là,

giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng có tổng phần trăm diện tích của mactensit và austenit được giữ lại là gần không là tốt hơn liên quan đến độ hấp thụ năng lượng va đập.

"Cấu trúc kim loại mà có phần còn lại là một hoặc cả ferrit và bainit"

Các phần trăm diện tích của các thành phần này không bị giới hạn cụ thể, nhưng từ quan điểm khả năng uốn cong, phần trăm diện tích bainit tốt hơn là 10% hoặc lớn hơn.

"Kích cỡ hạt trung bình của ferrit và bainit"

Kích cỡ hạt trung bình của ferrit và bainit là nhân tố tương quan. Nếu kích cỡ hạt trung bình là lớn hơn 10 μm , ngay cả khi kiểm soát kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim mà chứa Nb và Ti, đôi khi độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp không thể được đảm bảo, vì thế giới hạn trên được tạo ra là 10 μm . 8 μm hoặc nhỏ hơn là điều kiện tốt hơn cho phép độ hấp thụ năng lượng va đập được đảm bảo ổn định hơn nữa. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu kích cỡ nhỏ hơn 2 μm , chi phí sản xuất gia tăng lớn, vì thế 2 μm là giới hạn dưới cơ bản.

Theo sáng chế, cấu trúc kim loại của tấm thép có thể được quan sát dựa trên JIS G 0551 bởi kính hiển vi quang học. Bề mặt được quan sát thu được bằng cách đánh bóng tấm thép, sau đó ăn mòn nó bằng dung dịch ăn mòn Nital.

Các phần trăm diện tích của ferrit, bainit, peclit, và mactensit có thể được đo bởi phương pháp đếm điểm hoặc phép phân tích hình ảnh sử dụng các ảnh cấu trúc thu được bởi kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi electron kiểu quét (SEM). Phần trăm diện tích của austenit được giữ lại được đo bởi phép nhiễu xạ tia X.

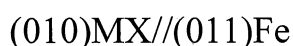
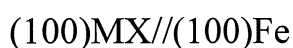
Theo sáng chế, "bainit" bao gồm bainit bên trên, bainit dưới, và bainit dạng hạt. Ngoài ra, "peclit" bao gồm peclit và peclit giả.

Kích cỡ hạt có thể được đo nhờ quan sát bởi kính hiển vi quang học hoặc bởi phép phân tích hướng nhờ phương pháp EBSD. Ở đây, "kích cỡ hạt" là kích cỡ hạt trung bình "d" mà được mô tả trong JIS G 0551.

"Kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb"

Kích cỡ hạt của các cacbonitrit hợp kim mà chứa Ti và Nb và sự so khớp lưới với cấu trúc ma trận ferit hoặc bainit là các nhân tố quan trọng liên quan đến độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp. Thông thường, trong thép được tăng cứng nhờ kết tủa, điều đã biết là để tạo ra cacbonitrit hợp kim mịn có sự so khớp lưới tốt với cấu trúc ma trận là các hạt mịn, nhưng đối với việc cải thiện độ bền chịu nhiệt thấp và việc cải thiện độ hấp thụ năng lượng va đập, điều quan trọng là kiểm soát các hạt cacbonitrit hợp kim với sự so khớp lưới kém với cấu trúc ma trận. Nếu kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà làm giảm sự so khớp lưới là lớn hơn 20 nm, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm, vì thế khoảng phù hợp bị giới hạn nằm trong khoảng 20 nm hoặc nhỏ hơn. Theo quan điểm để thu được độ hấp thụ năng lượng va đập tốt hơn, 10 nm hoặc nhỏ hơn là khoảng tốt hơn nữa. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng khi kích cỡ cho phép phân tích hướng tinh thể của chất kết tủa, 2 nm là giới hạn dưới cơ bản.

Ở đây, "các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc" nghĩa là trạng thái không được kết tủa kết hợp trong cấu trúc ma trận của ferit hoặc bainit và ferit và bainit liên kề không có các mối tương quan hướng tinh thể dưới đây (các mối tương quan hướng Baker-Nutting):



$(001)MX//(0-11)Fe$ (lưu ý: -1 là ký hiệu giao hoán của 1 với dấu gạch ở trước nó)

Ở đây, M biểu thị Ti và Nb. Các phần trăm được chiếm bởi Ti và Nb không được đưa ra. Ngoài ra, X biểu thị C và N. Các phần trăm được chiếm bởi C và N không được đưa ra. Khi bổ sung V hoặc Mo, đôi khi M chứa V hoặc Mo.

Lưu ý là, các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc được phân tích đối với việc định hướng tinh thể và được đo đối với kích cỡ hạt trung bình sử dụng kính hiển vi điện tử truyền (TEM). Trước hết, tấm thép mẫu được làm cho thành màng mỏng có phạm vi mà qua đó các chùm electron đi qua, TEM được sử dụng để phân tích hướng tinh thể giữa chất kết tủa và pha ma trận bao quanh Fe, sau đó kích cỡ hạt trung bình của 20 chất kết tủa theo thứ tự

từ các chất kết tủa đường kính lớn nhất mà chúng được đánh giá là các chất kết tủa không kết hợp được đo. Ở đây, "kích cỡ hạt của chất kết tủa" được đo như là đường kính vòng tròn tương đương khi giả sử đường tròn tương đương với tiết diện cắt ngang của hạt.

"Tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc lớn hơn"

Nếu tỷ lệ giới hạn chảy nhỏ hơn 0,85, đôi khi độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm và khả năng uốn cong giảm. Vì lý do này, giới hạn dưới tỷ lệ giới hạn chảy được tạo ra là 0,85.

Lưu ý là, theo sáng chế, r_{lim}/t được sử dụng làm tiêu chuẩn để đánh giá khả năng uốn cong. Ở đây, "t" là độ dày của mẫu thử nghiệm và r_{lim} là bán kính giới hạn của đường cong mà tại đó không có vết nứt xuất hiện trong thử nghiệm uốn cong V 90°. r_{lim}/t là 1,0 hoặc nhỏ hơn được cho là có khả năng uốn cong tốt. 0,5 hoặc nhỏ hơn là khoảng tốt hơn. Giới hạn trên không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu trị số lớn hơn 1,1, khả năng uốn cong có thể giảm, vì thế giới hạn trên tốt hơn là nằm trong khoảng 1,1 hoặc nhỏ hơn.

"Độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn"

Nếu độ bền chịu kéo lớn nhất nhỏ hơn 600 MPa, tấm thép không góp phần vào việc làm giảm trọng lượng của các chi tiết của các xe con, các xe tải, máy xây dựng, v.v., vì thế theo sáng chế, tấm thép có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn được giả định.

Tiếp theo, phương pháp sản xuất sẽ được giải thích chi tiết.

Trước khi cán nóng, cần phải gia nhiệt tấm thép có các thành phần mà được xác định theo sáng chế đến nhiệt độ 1150°C hoặc lớn hơn để làm cho các cacbonitrit hợp kim mà có trong tấm thép ở trạng thái dung dịch đặc. Nếu nhiệt độ gia nhiệt nhỏ hơn 1150°C, thì sẽ khó thu được độ bền chịu kéo lớn nhất 600 MPa hoặc lớn hơn. Ngoài ra, các cacbonitrit hợp kim thô không hòa tan đủ và kết quả là các cacbonitrit hợp kim thô vẫn còn lại, vì thế độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm. Vì lý do này, nhiệt độ gia nhiệt của tấm thép bị giới hạn nằm trong khoảng 1150°C hoặc cao hơn. Giới hạn trên không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu lớn hơn 1300°C, hiệu quả bị bão hòa, vì thế đây là nhiệt độ giới hạn trên.

Tấm thép được gia nhiệt nêu trên được cán thô đến thanh thô. Quá trình cán thô này cần được kết thúc nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1080°C. Nếu nhiệt độ kết thúc nhỏ hơn 1000°C, các cacbonitrit hợp kim thô kết tủa trong austenit và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm, trong khi nếu 1080°C hoặc lớn hơn, các hạt austenit trở nên thô hơn, nên không thể thu được kích cỡ hạt trung bình của ferit và bainit là 10 μm hoặc nhỏ hơn theo cấu trúc bị biến đổi sau khi cán tinh, làm mát, và quăn, độ bền chịu nhiệt thấp suy giảm, và độ hấp thụ năng lượng va đập giảm. Ngoài ra, trong quá trình cán thô được thực hiện ở nhiệt độ 1150°C hoặc nhỏ hơn, thời gian giữ giữa các khuôn cán giảm cán là thông số quan trọng mà làm ảnh hưởng đến kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim không kết hơn. Trong phương pháp theo sáng chế, quá trình cán thô thường được thực hiện bằng cách cán 3 đến 10 lần hoặc, tốt hơn là cán 5 đến 10 lần, nhưng nếu thời gian giữ lớn nhất t_0 giữa các khuôn cán được thực hiện ở nhiệt độ 1150°C hoặc nhỏ hơn là 45 giây hoặc nhiều hơn, các cacbonitrit hợp kim trở nên thô hơn đến phạm vi làm ảnh hưởng đến độ hấp thụ năng lượng va đập. Vì lý do này, thời gian giữ giữa các khuôn giảm cán bị giới hạn nằm trong khoảng trong vòng 45 giây, tốt hơn là trong vòng 30.

Tiếp theo, thanh thô được cán xong để thu được vật liệu được cán.

Thời gian (t_1) từ sau khi quá trình cán thô kết thúc để bắt đầu quá trình cán tinh là thông số quan trọng mà làm ảnh hưởng đến kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim và kích cỡ hạt của ferit và bainit sau khi biến đổi. Như được thể hiện trên Fig.2, tổng lượng Ti và Nb càng lớn, thời gian giữ t_1 càng lâu (dấu mũi tên trên hình vẽ) trong đó độ hấp thụ năng lượng va đập (vE₄₀) dịch chuyển từ tốt (OK) sang không tốt (NG) gia tăng. Thời gian giữ t_1 (giây) trong đó độ hấp thụ dịch chuyển từ tốt (OK) sang không tốt (NG) cơ bản tương ứng với $1000 \times ([\%Ti] + [\%Nb])$. Theo cách này, nếu thời gian giữ t_1 (giây) từ sau khi cán thô kết thúc đến khi quá trình bắt đầu cán tinh là $1000 \times ([\%Ti] + [\%Nb])$ giây hoặc lâu hơn, các cacbonitrit hợp kim thô kết tủa trong austenit, các hạt tinh thể austenit trở nên thô hơn, thì không thể thu được kích cỡ hạt trung bình của ferit và bainit là 10 μm hoặc nhỏ hơn trong cấu trúc được biến đổi sau khi cán tinh, làm mát, và cuộn, độ bền chịu nhiệt thấp suy giảm, và độ hấp thụ

năng lượng va đập giảm. $700 \times ([\%Ti] + [\%Nb]) > t1$ giây là khoảng thích hợp. Theo đó, thời gian giữ $t1$ (giây) được xác định bởi công thức dưới đây (1):
 $1000 \times ([\%Ti] + [\%Nb]) > t1 \dots \dots$ công thức (1)

Ngoài ra, trong quá trình cán tinh nóng, nhiệt độ cán tinh T_f có hiệu quả lên kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim và kích cỡ hạt của ferit và bainit sau khi biến đổi, vì thế là điều kiện quan trọng theo sáng chế và thay đổi phụ thuộc vào các hàm lượng của Ti và Nb.

Người ta hiểu rằng nếu nhiệt độ cán tinh T_f là $830 + 400 \times ([\%Ti] + [\%Nb])$ hoặc nhỏ hơn, các cacbonitrit hợp kim thô không có sự so khớp lưới với ma trận kết tủa và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm. Do đó, nhiệt độ cán tinh T_f được thiết đặt để thỏa mãn công thức dưới đây (2).

$T_f > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb]) \dots$ công thức (2)

Mối tương quan này (2) được phát hiện từ mối tương quan của kiểu thép trong Bảng 2 được giải thích dưới đây và nhiệt độ cán tinh T_f . Fig.3 thể hiện mối tương quan giữa % khối lượng của Ti + Nb và T_f (°C) theo ví dụ theo sáng chế và ví dụ so sánh (A-7 và B-6) trong các kiểu thép mà được thể hiện trong Bảng 2. Ở đây, người ta hiểu rằng trường hợp trong đó hệ số "a" của phần " $a([\%Ti] + [\%Nb])$ " được tạo ra là 400, nghĩa là, công thức (2), là ranh giới mà tại đó năng lượng hấp thụ va đập tại -40°C vE₋₄₀ là 70J/cm² hoặc lớn hơn.

Khi hệ số "a" là 800, nghĩa là, khi $T_f > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb])$ (công thức (3)), được so sánh với khi hệ số "a" là 400, năng lượng hấp thụ va đập tại -40°C vE₋₄₀ hơi dịch chuyển khỏi ranh giới 70J/cm² hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, trong vùng trong đó hệ số "a" là từ 400 đến 800, thời gian chờ cho đến khi bắt đầu quá trình cán tinh trở nên càng dài và khả năng các cacbonitrit hợp kim bắt đầu kết tủa trở nên càng cao, vì thế T_f tốt hơn là được kiểm soát dựa trên công thức (3), trong đó hệ số "a" là 800.

Giới hạn trên của nhiệt độ cán tinh T_f không được thiết đặt cụ thể, nhưng kích cỡ hạt của ferit và bainite có xu hướng trở nên thô hơn, vì thế tốt hơn là nhiệt độ được thiết đặt là 970°C hoặc thấp hơn.

Ngay sau quá trình cán tinh, vật liệu được cán được làm mát bằng nước. Thời gian từ khi quá trình cán tinh kết thúc đến khi bắt đầu làm mát bằng không

khí có hiệu quả lên độ bền nguyên liệu nhiệt độ thấp và độ hấp thụ năng lượng va đập thông qua kích cỡ hạt γ và kích cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim. Nếu thời gian làm mát bằng không khí ngay sau quá trình tinh vượt qua 3 giây, độ hấp thụ năng lượng va đập có xu hướng giảm, vì thế việc làm mát bằng nước được bắt đầu trong vòng 3 giây. Giới hạn dưới không được thiết đặt cụ thể, nhưng thông thường là 0,2 giây hoặc nhỏ hơn.

Sau khi làm mát bằng không khí ngay sau quá trình cán tinh, vật liệu được cán được làm mát để thu được tấm thép cán nóng. Quá trình làm mát này là quy trình quan trọng để kiểm soát cấu trúc kim loại. Quá trình làm mát được thực hiện xuống đến 700°C hoặc thấp hơn theo tốc độ làm mát thấp nhất là 8°C/giây hoặc cao hơn.

Nếu nhiệt độ dừng lại của quá trình làm mát lớn hơn 700°C, các cacbonitrit hợp kim dễ kết tủa thô tại các ranh giới hạt, peclit dễ tạo ra, kích cỡ hạt của ferit trở nên lớn hơn, và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm. Mặt khác, khi tốc độ làm mát nhỏ nhất xuống đến 700°C nhỏ hơn 8°C/giây, các cacbonitrit hợp kim dễ kết tủa thô tại các ranh giới hạt, peclit dễ tạo ra, kích cỡ hạt của ferit trở nên lớn hơn, và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm.

Ở đây, tốc độ làm mát thấp nhất 8°C/giây hoặc cao hơn nghĩa là tốc độ làm mát giữa các nhiệt độ từ nhiệt độ kết thúc quá trình làm mát bằng không khí đến 700°C không bao giờ thấp hơn 8°C/giây. Vì lý do này, chẳng hạn, điều này nghĩa là quá trình làm mát bằng không khí không được thực hiện trong khoảng nhiệt độ này. Theo cách này, theo sáng chế, quá trình làm mát bằng không khí không được thực hiện trong giai đoạn giữa của quy trình làm mát sử dụng nước không giống như trước đây.

Nhiệt độ dừng quy trình làm mát tốt hơn là 680°C hoặc thấp hơn, trong khi tốc độ làm mát thấp nhất tốt hơn là 15°C/giây hoặc cao hơn. Giới hạn trên của tốc độ làm mát thấp nhất không được thiết đặt cụ thể, nhưng nếu tốc độ là cao hơn 80°C/giây, quá trình làm mát đồng đều trong cuộn thép được cán nóng sẽ trở nên khó và các biến dạng độ bền trong cuộn thép trở nên lớn hơn. Vì lý do này, giới hạn trên của tốc độ làm mát tốt hơn là 80°C/giây hoặc thấp hơn.

Tiếp theo, tấm thép cán nóng được làm mát được cuộn. Nhiệt độ cuộn nằm trong khoảng từ 530 đến 650°C. Nếu nhiệt độ cuộn nhỏ hơn 530°C, đôi khi mactensit hoặc austenit được giữ lại tạo ra và làm giảm độ bền chịu nhiệt thấp và làm giảm độ hấp thụ năng lượng va đập. Ngoài ra, nếu lớn hơn 650°C, phần trăm diện tích của peclit trở nên lớn hơn và sự làm giảm độ bền chịu nhiệt thấp và sự làm giảm độ hấp thụ năng lượng va đập trở nên đáng kể.

Do đó, tấm thép cán nóng thu được còn có thể được gia nhiệt lại (được ủ). Trong trường hợp này, nếu nhiệt độ của quá trình gia nhiệt lại vượt quá nhiệt độ Ac_3 , các cacbonitrit hợp kim thô kết tủa và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp giảm đi. Vì lý do này, khoảng phù hợp của nhiệt độ gia nhiệt lại bị giới hạn ở nhiệt độ Ac_3 hoặc nhỏ hơn. Phương pháp gia nhiệt không được đưa ra cụ thể và có thể là phương pháp sử dụng quá trình gia nhiệt bằng lò, quá trình gia nhiệt cảm ứng, quá trình gia nhiệt thuần trở, quá trình gia nhiệt cao tần, v.v..

Thời gian gia nhiệt không được xác định cụ thể, nhưng nếu quá trình gia nhiệt và thời gian giữ ở 550°C hoặc cao hơn vượt quá 30 phút, để thu được độ bền kéo là 590 MPa hoặc lớn hơn, nhiệt độ gia nhiệt cao nhất tốt hơn là được thiết đặt ở 700°C hoặc nhỏ hơn.

Lưu ý là, quá trình gia nhiệt lại (quá trình ủ) có thể được thực hiện sau quá trình cuộn tấm thép cán nóng và trước khi nhiệt độ giảm đến nhiệt độ phòng.

Quy trình cán qua lớp phủ hoặc quy trình cán phẳng là hiệu quả để điều chỉnh hình dạng, hóa già, và cải thiện các đặc tính môi, vì thế có thể được thực hiện sau khi tẩy gỉ hoặc trước khi tẩy gỉ. Nếu thực hiện quy trình cán qua lớp phủ, giới hạn trên của tốc độ cán tốt hơn là 3%. Đó là bởi vì nếu quá 3%, khả năng tạo hình của tấm thép bị suy yếu. Ngoài ra, quá trình tẩy gỉ có thể được thực hiện theo mục đích.

Tiếp theo, tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng và phương pháp sản xuất tấm thép này theo sáng chế sẽ được giải thích.

Tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng theo sáng chế là tấm thép cán nóng được đề cập ở trên theo sáng chế trên bề mặt của nó được mạ lớp mạ hoặc lớp mạ hợp kim.

Tấm thép cán nóng thu được theo phương pháp nêu trên được tẩy gỉ, máy mạ kẽm liên tục hoặc máy ủ và mạ kẽm liên tục được sử dụng để gia nhiệt tấm thép và phủ nhúng nóng tấm thép để tạo ra lớp mạ trên bề mặt của tấm thép cán nóng.

Nếu nhiệt độ gia nhiệt của tấm thép lớn hơn nhiệt độ A_{c3} , sự giảm độ bền kéo của tấm thép và sự giảm hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp xảy ra, vì thế khoảng phù hợp của nhiệt độ gia nhiệt bị giới hạn là thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ A_{c3} . Nhiệt độ gia nhiệt càng gần A_{c3} , thì độ bền kéo càng giảm nhanh. Các nguyên liệu dao động mạnh về mức độ, vì thế $A_{c3}-30^{\circ}\text{C}$ hoặc nhỏ hơn là khoảng nhiệt độ gia nhiệt thích hợp hơn.

Ngoài ra, sau khi mạ nhúng nóng, quy trình mạ điện có thể được thực hiện để thu được lớp mạ kẽm nhúng nóng.

Lưu ý là, kiểu mạ không bị giới hạn vào kiểu mạ kẽm. Nó còn có thể là kiểu mạ khác miễn là giới hạn trên của nhiệt độ gia nhiệt là nhiệt độ A_{c3b} .

Ngoài ra, theo sáng chế, phương pháp tạo ra trước quá trình cán nóng không bị giới hạn cụ thể. Nghĩa là, lò cao, bộ chuyển đổi, lò điện, v.v. có thể được sử dụng để nấu chảy, sau đó các kiểu khác nhau về quá trình tinh luyện sau đó có thể được sử dụng để điều chỉnh các thành phần để đưa ra các hàm lượng mục tiêu của các thành phần. Tiếp theo, thép có thể được đúc bởi phương pháp bất kỳ như phương pháp đúc liên tục thông thường, đúc bởi phương pháp đúc thổi, hoặc đúc bản mỏng v.v.. Đối với vật liệu cung cấp, sắt vụn cũng có thể được sử dụng. Trong quá trình đúc bản mà thu được nhờ quá trình đúc liên tục, bản đúc nhiệt độ cao có thể được đưa trực tiếp đến máy cán nóng hoặc có thể được làm mát xuống đến nhiệt độ phòng, sau đó được gia nhiệt lại ở nhiệt độ lò và sau đó được cán nóng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, các ví dụ sẽ được sử dụng để giải thích thêm cho sáng chế.

Các thép A đến AC mà chúng có các thành phần hóa học được thể hiện trong Bảng 1 được sản xuất bởi phương pháp dưới đây. Trước hết, các thép được đúc để sản xuất các tấm thép, sau đó các tấm thép được gia nhiệt lại và được cán thô thành các thanh thô trong các điều kiện cán nóng và các điều kiện ủ và mạ

mà được thể hiện trong Bảng 2-1 và Bảng 2-2. Tiếp theo, các thanh thô được cán tinh để thu được các vật liệu được cán dày 4 mm, sau đó chúng được làm mát và được lấy lên là tấm thép cán nóng.

Bảng 1

Số thép	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	Nb	N	Mn + 8Ti + 12Nb	Ac3	Thành phần khác	Lưu ý
A	0,04	0,3	1,7	0,01	0,001	0,05	0,03	0,05	0,002	2,5	853		Thép theo sáng chế
B	0,05	0,3	1,5	0,01	0,001	0,8	0,07	0,04	0,003	2,5	900		Thép theo sáng chế
C	0,08	0,03	1,2	0,02	0,002	0,03	0,06	0,04	0,003	2,2	857		Thép theo sáng chế
D	0,06	0,03	1,4	0,01	0,003	0,03	0,05	0,04	0,002	2,3	848	Ca: 0,0015	Thép theo sáng chế
E	0,04	0,3	1,8	0,01	0,003	0,03	0,06	0,05	0,003	2,9	861		Thép so sánh
F	0,09	0,03	1,3	0,01	0,005	0,03	0,03	0,02	0,002	1,8	832		Thép so sánh
G	0,02	0,03	1,5	0,01	0,003	0,04	0,05	0,03	0,002	2,3	866		Thép so sánh
H	0,10	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,03	0,04	0,002	2,0	829		Thép so sánh
I	0,05	0,5	1,3	0,01	0,003	0,04	0,03	0,04	0,002	2,0	869		Thép so sánh
J	0,05	0,03	1,0	0,01	0,003	0,04	0,03	0,07	0,003	2,1	857		Thép so sánh
K	0,05	0,03	2,1	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,9	828		Thép so sánh
L	0,05	0,03	1,3	0,08	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	901		Thép theo sáng chế
M	0,05	0,03	1,3	0,12	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	929		Thép so sánh
N	0,05	0,03	1,3	0,01	0,015	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852		Thép theo sáng chế
O	0,05	0,03	1,3	0,01	0,022	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852		Thép so sánh
P	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	1,3	0,04	0,04	0,003	2,1	902		Thép so sánh
Q	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,005	0,05	0,003	1,9	838		Thép so sánh
R	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,09	0,06	0,003	2,7	872		Thép so sánh
S	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,003	0,003	1,7	852		Thép so sánh
T	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,10	0,003	2,8	852		Thép so sánh
U	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,006	2,1	852		Thép so sánh
V	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	858	V: 0,06	Thép theo sáng chế
W	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	848	Cr: 0,3, Cu: 0,05, Ni: 0,05	Thép theo sáng chế
X	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	851	Mo: 0,3, B: 0,002	Thép theo sáng chế
Y	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	852	Ce: 0,002, La: 0,001	Thép theo sáng chế
Z	0,05	0,03	1,3	0,01	0,003	0,04	0,04	0,04	0,003	2,1	842	Mg: 0,002, Cu: 0,5	Thép theo sáng chế
AA	0,04	0,3	1,9	0,01	0,001	0,05	0,02	0,02	0,002	2,3	842		Thép theo sáng chế
AB	0,04	0,3	2,1	0,01	0,001	0,05	0,02	0,02	0,002	2,5	836		Thép so sánh
AC	0,04	0,3	1,8	0,01	0,001	0,05	0,01	0,003	0,002	1,9	841		Thép so sánh

Bảng 2

Bảng 2-1

	SRT (°C)	RFT (°C)	t0 (giây)	t1 (giây)	Tf (°C)	t2 (giây)	CRmin (°C/giây)	SCT (°C)	CT (°C)	Nhiệt độ ủ lớn nhất (°C)	Kiểu mạ	Lưu ý
A-1	1230	1020	25	50	900	2	25	680	600			Ví dụ theo sáng chế
A-2	1130	1000	25	50	900	2	25	680	600			
A-3	1230	960	25	50	900	2	25	680	600			
A-4	1230	1100	25	50	900	2	25	680	600			
A-5	1230	1020	25	20	900	2	25	680	600			Ví dụ theo sáng chế
A-B	1230	1020	25	120	900	2	25	680	600			
A-7	1230	1020	25	50	860	2	25	680	600			
A-8	1230	1020	25	50	900	6	12	680	600			
A-9	1230	1020	25	50	900	2	15	700	640			Ví dụ theo sáng chế
A-10	1230	1020	25	50	900	2	5	680	600			
A-11	1230	1020	25	50	900	2	20	720	680			
A-12	1230	1020	25	50	900	2	25	560	520			
A-13	1230	1020	25	50	900	2	25	610	550	680	Mạ điện	Ví dụ theo sáng chế
A-14	1230	1020	25	50	900	2	30	580	530	680	Nung điện	Ví dụ theo sáng chế
A-15	1230	1020	25	50	900	2	25	680	600	880	Mạ điện	
A-16	1230	1020	50	50	900	2	25	680	600			
A-17	1230	1020	70	50	900	2	25	680	600			
A-18	1230	1020	120	50	900	2	25	680	600			
B-1	1250	1040	25	60	880	2	50	650	570			Ví dụ theo sáng chế
B-2	1250	1000	25	60	880	2	50	650	570			Ví dụ theo sáng chế
B-3	1250	970	25	120	880	2	50	650	570			
B-4	1250	1100	25	60	880	2	50	650	570			
B-5	1250	1040	25	60	880	2	50	650	570			Ví dụ theo sáng chế
B-6	1250	1040	25	60	850	2	50	650	570			
B-7	1250	1040	25	60	880	6	10	650	570			
B-8	1250	1040	25	60	880	2	5	650	570			
B-9	1250	1040	25	60	880	2	50	680	620			Ví dụ theo sáng chế
B-10	1250	1040	25	60	880	2	50	710	660			

B-II	1250	1040	25	60	880	2	50	510	480			
B-12	1250	1040	50	60	880	2	50	650	570			
B-13	1250	1040	120	60	880	2	50	650	570			
C-1	1250	1040	25	45	880	2	50	570	600			Ví dụ theo sáng chế
C-2	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600	730	Mạ điện	Ví dụ theo sáng chế

Bảng 2-2

D-1	1259	1040	25	45	889	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
E-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
F-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
G-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
H-1	1250	1040	25	60	880	2	50	679	600			
I-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
J-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
K-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
L-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
M-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600			
N-1	1250	1040	25	45	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
O-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
P-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
Q-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
R-1	1250	1040	25	60	889	2	50	670	600			
S-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
T-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
U-1	1250	1040	25	60	880	2	50	670	600			
V-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
W-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
X-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
Y-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
Z-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
AA-1	1250	1040	25	50	860	2	50	670	600			Ví dụ theo sáng chế
AB-1	1250	1040	25	50	889	2	50	670	600			
AC-1	1250	1040	25	50	880	2	50	670	600			

SRT: Nhiệt độ gia nhiệt tám
 RFT: Nhiệt độ kết thúc quá trình cán thô
 t0: Thời gian cán tại quá trình cán thô được thực hiện ở nhiệt độ 1150°C hoặc nhỏ hơn
 t1: Thời gian từ khi kết thúc quá trình cán thô đến khi bắt đầu quá trình cán tinh
 Tf: Nhiệt độ cán tinh cuối cùng
 t2: Thời gian làm mát bằng không khí sau quá cán tinh cuối cùng
 CRmin: Tốc độ làm mát tối thiểu trong khoảng thời gian CFT từ sau khi làm mát bằng không khí
 SCT: Nhiệt độ dừng làm mát bằng nước
 CT: Nhiệt độ cuộn.

Trong Bảng 1, các thành phần hóa học được đưa ra theo % khối lượng. Ngoài ra, trong Bảng 1, $Ac3(^{\circ}C)$ là giá trị mà được tính bởi công thức dưới đây:

$$Ac3 = 910 - 210\sqrt{[\%C] + 45[\%Si] - 30[\%Mn] + 700[\%P] + 40[\%Al] + 400[\%Ti] + 32[\%Mo] - 11[\%Cr] - 20[\%Cu] - 15[\%Ni]}$$

trong đó, %C, %Si, %Mn, %P, %Al, %Ti, %Mo, %Cr, %Cu, và %Ni lần lượt chỉ báo các hàm lượng trong thép của C, Si, Mn, P, Al, Ti, Mo, Cr, Cu, và Ni.

Trong Bảng 1, các thành phần hóa học của các thép tương ứng với các thành phần hóa học của các thép có các số thép trong Bảng 2 với các chữ cái tương tự như các số thép.

Trong Bảng 2, "SRT" chỉ báo nhiệt độ gia nhiệt lại bản ($^{\circ}C$). "RFT" chỉ báo nhiệt độ kết thúc quá trình cán thô ($^{\circ}C$). "t0" chỉ báo thời gian giữ lớn nhất (giây) giữa các hoạt động quá trình cán thô được thực hiện ở nhiệt độ $1150^{\circ}C$ hoặc thấp hơn. "t1" chỉ báo thời gian (giây) từ khi kết thúc quá trình cán thô để khi bắt đầu quá trình cán tinh. "Tf" chỉ báo nhiệt độ quá trình cán tinh cuối cùng ($^{\circ}C$). "t2" thể hiện thời gian làm mát bằng không khí ngay sau quy trình cán tinh sau cùng (giây). "CRmin" chỉ báo tốc độ làm mát nhỏ nhất trong SCT sau khi làm mát bằng không khí ($^{\circ}C$ /giây). "SCT" chỉ báo nhiệt độ dừng làm mát bằng nước ($^{\circ}C$). "CT" chỉ báo nhiệt độ cuộn ($^{\circ}C$).

Các thép A-12 đến A-14 và C-2 là các tấm thép được mạ điện nhúng nóng mà chúng được tạo ra bằng cách tẩy gỉ các tấm thép cán nóng, sau đó ủ chúng trên dây chuyền ủ và mạ điện liên tục ở các nhiệt độ ủ mà được thể hiện trong Bảng 2, sau đó mạ điện chúng.

Lưu ý là, nhiệt độ nhúng mạ điện là $450^{\circ}C$ trong khi đối với quy trình mạ xử lý ủ điện, nhiệt độ hợp kim là $500^{\circ}C$.

Trước hết, các cấu trúc kim loại và các cacbonitrit hợp kim của tấm thép được điều chế được kiểm tra.

Cấu trúc kim loại của tấm thép, như được giải thích ở trên, được quan sát dựa trên JIS G 0551 đối với tiết diện ngang L bởi kính hiển vi quang học. Ngoài ra, các phần trăm diện tích của các cấu trúc khác nhau được đo bởi phương pháp tính điểm hoặc phân tích hình ảnh sử dụng các ảnh cấu trúc tại các vùng là $1/4t$ độ dày của tiết diện ngang L (vị trí $1/4t$ từ bề mặt của tấm thép khi độ dày tấm là "t"). Các

kích cỡ hạt của ferit và bainite được đo bằng cách tính toán kích cỡ hạt thông thường dựa trên JIS G 0552.

Các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb được phân tích đối với việc định hướng tinh thể và được đo đối với kích cỡ hạt trung bình bằng cách làm cho mẫu tấm thép thành màng mỏng của phần mở rộng mà qua đó các chùm electron đi qua và sử dụng kính hiển vi electron loại truyền (TEM). 20 hoặc nhiều hơn 20 hạt cacbonitrit hợp kim được kiểm tra.

Tiếp theo, để đo lượng hóa mềm của vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) do hàn, hàn hồ quang được sử dụng để tạo ra mối nối chồng. Quy trình hàn được thực hiện trong môi trường CO₂: 100% với đầu vào gia nhiệt là nằm trong khoảng từ 5000 đến 8000J/cm. Sau khi hàn, tiết diện ngang được đánh bóng và nguyên liệu và vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) do hàn được thử nghiệm với độ cứng Vicker's nhằm đến 0 hoặc nhỏ hơn. Các kết quả đo ở trên được thể hiện trong Bảng 3. Lưu ý là, trong Bảng 3, "F" chỉ báo ferit, "B" chỉ báo bainit, "A" chỉ báo austenit được giữ lại, "M" chỉ báo mactensit, và "P" chỉ báo peclit, " $d_{(F, B)}$ " chỉ báo kích cỡ hạt trung bình (μm) của ferit và bainit, " d_{MCN} " chỉ báo kích cỡ hạt trung bình (nm) của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc, và " ΔHV " chỉ báo sự chênh lệch giữa HV_{BM} và HV_{HAZ} khi độ cứng Vicker's của phần mềm nhất của vùng bị tác động bởi nhiệt do hàn là HV_{HAZ} và độ cứng Vicker's của nguyên liệu là HV_{BM} .

Bảng 3

Bảng 3-1

Số thép	YP (MPa)	TS (MPa)	El (%)	YR	Phần trăm cấu trúc kim loại (%)				d _(F,B)	d _{MCN}	ΔHV	vE ₋₄₀	Khả năng uốn cong	Lưu ý
					F + B	M	A	P						
A-1	600	640	25	0,94	98			2	8	12	20	120	VG	Ví dụ theo sáng chế
A-2	550	590	27	0,93	98			2	9	25	18	60	VG	
A-3	590	530	25	0,94	98			2	8	22	20	60	VG	
A-4	600	645	25	0,93	98			2	14	14	18	55	VG	
A-5	600	640	25	0,94	98			2	7	13	19	110	VG	Ví dụ theo sáng chế
A-6	600	640	25	0,94	100				12	18	20	60	VG	
A-7	590	630	25	0,94	94			6	8	21	22	65	VG	
A-8	595	635	25	0,94	98			2	10	21	20	65	VG	
A-9	580	620	26	D 94	97			3	9	15	18	100	VG	Ví dụ theo sáng chế
A-10	570	610	27	0,93	94			6	11	15	18	65	VG	
A-11	555	600	27	0,93	93			7	13	12	17	55	VG	
A-12	490	575	29	0,85	99	1			7	12	17	64	VG	
A-13	640	650	24	0,98	98			2	8	13	24	110	VG	Ví dụ theo sáng chế
A-14	600	610	25	0,98	100				7	13	20	120	VG	Ví dụ theo sáng chế
A-15	500	550	26	0,91	100				8	20	16	50	VG	
A-16	600	635	25	0,94	98			2	8	13	20	60	VG	
A-17	590	630	25	0,94	98			2	8	21	18	55	VG	
A-18	590	625	25	0,94	98			2	8	27	18	50	VG	
B-1	630	630	24	0,93	99			1	8	14	21	100	VG	Ví dụ theo sáng chế
B-2	630	630	24	0,93	99			1	8	15	22	85	VG	Ví dụ theo sáng chế
B-3	610	665	25	0,92	99			1	8	22	21	50	VG	
B-4	625	675	24	0,93	100				12	13	21	65	VG	
B-5	630	680	24	0,93	100				8	15	25	90	VG	Ví dụ theo sáng chế
B-6	620	670	24	0,93	100				8	21	24	60	VG	
B-7	620	670	24	0,93	100				10	23	26	60	VG	
B-8	515	665	24	0,92	100				10	21	26	65	VG	
B-9	650	680	24	0,96	97			3	9	14	22	80	VG	Ví dụ theo sáng chế
B-10	600	640	25	0,94	94			6	12	23	35	55	VG	

B-11	480	580	27	0,83	98	2				8	12		65	G	
B-12	625	675	24	0,93	99				1	9	14	22	55	VG	
B-13	620	670	24	0,93	99				1	9	14	24	50	VG	
C-1	560	620	27	0,90	98				2	9	12	36	80	VG	Ví dụ theo sáng chế
C-2	585	600	25	0,98	98				2	9	14	33	70	VG	Ví dụ theo sáng chế

Bảng 3-2

D-1	605	695	25	0,87	98				2	8	15	30	85	VG	Ví dụ theo sáng chế
E-1	620	685	24	0,91	98				2	7	14	8	65	VG	
F-1	570	595	23	0,96	98				2	8	15	52	65	VG	
Q-1	545	580	28	0,94	100					10	13	44	75	VG	
H-1	590	720	24	0,82	97	3				10	15	41	65	P	
I-1	595	715	24	0,83	97	2	1			8	15	42	60	P	
J-1	615	690	24	0,89	96				6	8	22	33	55	VG	
K-1	605	720	24	0,84	98	2				7	21	6	60	P	
L-1	625	680	26	0,92	98				2	9	14	38	80	VG	Ví dụ theo sáng chế
M-1	665	700	24	0,95	98				2	8	14	37	40	G	
N-1	595	640	25	0,93	98				2	9	12	33	75	G	Ví dụ theo sáng chế
O-1	600	640	25	0,94	98				2	8	13	34	45	P	
P-1	570	620	27	0,96	98				2	10	13	48	95	VG	
Q-1	540	595	28	0,91	98				2	8	12	43	110	VG	
R-1	720	780	21	0,92	98				2	9	21	37	45	VG	
S-1	615	640	26	0,96	98				2	8	13	56	90	VG	
T-1	680	720	23	0,94	97				2	8	22	22	65	VG	
U-1	655	700	24	0,94	98				2	8	21	34	60	VG	
V-1	665	700	24	0,95	98				2	8	15	36	80	VG	Ví dụ theo sáng chế
W-1	625	675	24	0,93	98				2	7	14	34	90	VG	Ví dụ theo sáng chế
X-1	620	670	24	0,93	100					8	15	34	100	VG	Ví dụ theo sáng chế
Y-1	630	680	24	0,93	100					7	15	35	90	VG	Ví dụ theo sáng chế
Z-1	650	700	24	0,93	100					8	15	36	100	VG	Ví dụ theo sáng chế
AA-1	555	635	26	0,87	100					8	13	24	100	G	Ví dụ theo sáng chế
AB-1	525	630	25	0,83	98	2				8	11	42	65	G	
AC-1	555	580	28	0,96	100					7	11	41	120	VG	

d_(F,B): Cỡ hạt trung bình của ferit và bainit (μm)d_{M_{CN}}: Đường kính hạt trung bình của các carbonitrit hợp kim không kết hợp

ΔHV: Hóa mềm HAZ của vùng hàn hồ quang (HV)

vE-40: Độ hấp thụ năng lượng va đập Charpy ở -40°C (J/cm²)

Tiếp theo, tấm thép được đánh giá các đặc độ bền, độ hấp thụ năng lượng và đập ở nhiệt độ thấp, và khả năng uốn cong.

Các tấm thép được đánh giá các đặc độ bền theo phương pháp dưới đây. Trước hết, vật liệu thử nghiệm được gia công thành mẫu thử nghiệm số 5 được mô tả trong JIS Z 2201. Ngoài ra, mẫu thử nghiệm số 5 này cho trải qua thử nghiệm kéo tương ứng với phương pháp được mô tả trong JIS Z 2241 và độ bền chịu kéo lớn nhất (TS), độ bền biến dạng (YS), và độ giãn dài (EI) được tìm ra.

Độ hấp thụ năng lượng và đập ở nhiệt độ thấp được đánh giá bởi thử nghiệm va đập Charpy. Dựa trên JIS Z 2202, mẫu thử nghiệm khắc-2 mmV độ dày 3mm được chuẩn bị. Mẫu thử này được làm lạnh xuống -40°C , sau đó thử nghiệm va đập Charpy được thực hiện và độ hấp thụ năng lượng va đập (J/cm^2) được đo.

Thử nghiệm uốn cong được thực hiện bởi phương pháp khối V JIS Z 224 (góc uốn cong: 90°). Độ dày của mẫu thử nghiệm là "t". Bán kính cong giới hạn r_{lim} không có các vết nứt được đo.

Các kết quả đo ở trên được thể hiện trong Bảng 3. Lưu ý là, như được giải thích ở trên, trong Bảng 3, " vE_{-40} " là giá trị hấp thụ va đập Charpy (J/cm^2), trong khi " r_{lim}/t " là giá trị của bán kính cong giới hạn r_{lim} được phân chia bởi độ dày tấm. r_{lim}/t là 0,5 hoặc nhỏ hơn được đánh giá là "VG" (rất tốt), lớn hơn 0,5 đến nhỏ hơn 1,0 được đánh giá là "G" (tốt), và lớn hơn 1,0 được đánh giá là "P" (kém).

Thép A-2 có nhiệt độ gia nhiệt tấm nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế nó là ví dụ so sánh, trong đó độ bền kéo là nhỏ hơn 600 MPa và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép A-3 đến A-4 và các thép B-3 to B-4 có các nhiệt độ kết thúc quá trình cán thô nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép A-6 và thép B-3 có các thời gian từ khi kết thúc quá trình cán thô đến khi bắt đầu quá trình cán tinh nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép A-7 đến A-8, thép A-10, và các thép B-6 đến B-8 có các điều kiện của quy trình cán tinh và các điều kiện làm mát sau quy trình cán tinh nằm ngoài khoảng phù hợp, là các ví dụ so sánh, trong đó các độ hấp thụ năng lượng va đập ở

hiệu suất thấp là thấp.

Thép A-11 và thép B-10 có các nhiệt độ khi kết thúc quá trình làm mát bằng nước sau quá trình cán tinh và các nhiệt độ cuộn của tấm thép cán nóng nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Thép A-12 và thép B-11 có các nhiệt độ cuộn các tấm thép cán nóng nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó các độ bền kéo là nhỏ hơn 600 MPa và các độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Thép A-15 có nhiệt độ ủ là nhiệt độ A_{c3} hoặc cao hơn, vì thế nó là ví dụ so sánh, trong đó độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép F-1, Q-1, S-1, AB-1, và AC-1 có các giá trị của các lượng Mn, các lượng Ti, và các lượng Nb nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó các lượng hóa mềm HAZ là lớn. Trong số các thép này, các thép F-1, Q-1, và AC-1 có các độ bền kéo nhỏ hơn 600 MPa.

Thép G-1 có lượng C nằm ngoài khoảng phù hợp, vì thế nó là ví dụ so sánh, trong đó độ bền nhỏ hơn 600 MPa và lượng hóa mềm HAZ là lớn.

Các thép H-1, I-1, K-1, và AB-1 có các lượng C, các lượng Si, và các lượng Mn nằm ngoài các khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó mactensit hoặc austenit được giữ lại hiện diện, độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp, và hơn nữa khả năng uốn cong là kém. Thép J-1 có lượng Mn nằm ngoài khoảng phù hợp, do đó nó là ví dụ so sánh trong đó peclit hiện diện và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép M-1 và O-1 có các lượng S và các lượng P vượt mức, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó các độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Các thép E-1, R-1, T-1, và U-1 có các lượng Ti, các lượng Nb, và các lượng N nằm ngoài các khoảng phù hợp, vì thế chúng là các ví dụ so sánh, trong đó các cacbonitrit hợp kim thô hiện diện và các độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp là thấp.

Thép P-1 có lượng Al vượt mức, vì thế nó là ví dụ so sánh với sự hóa mềm của HAZ.

Trái ngược với điều này, các ví dụ theo sáng chế đều có các tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc lớn hơn, các độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn, và độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và độ bền chống hóa mềm HAZ tuyệt vời.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, tấm thép này bao gồm các nguyên tố sau, (tính theo % khối lượng):

C: 0,04 đến 0,09%,

Si: 0,4% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 1,2 đến 2,0%,

P: 0,1% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,02% hoặc nhỏ hơn,

Al: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,02 đến 0,09%,

Ti: 0,02 đến 0,07%,

N: 0,005% hoặc nhỏ hơn, và

tùy ý còn bao gồm:

V: 0,01 đến 0,12%,

một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Cr, Cu, Ni và Mo với tổng lượng trong khoảng từ 0,02 đến 2,0%,

B: 0,0003 đến 0,005%; và

một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Mg, La và Ce với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,01%, và

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

trong đó: $2,0 \leq [\%Mn] + 8[\%Ti] + 12[\%Nb] \leq 2,6$, và

có cấu trúc kim loại, mà bao gồm phần trăm diện tích của peclit là 5% hoặc nhỏ hơn, tổng phần trăm diện tích của mactensit và austenit được giữ là 0,5% hoặc nhỏ hơn, và còn lại là một trong số hoặc cả ferit lẫn bainit,

có cỡ hạt trung bình của ferit và bainit là 10 μ m hoặc nhỏ hơn,

có cỡ hạt trung bình của các cacbonitrit hợp kim với các bề mặt phân cách rời rạc mà chứa Ti và Nb là 20 nm hoặc nhỏ hơn,

có tỷ lệ giới hạn chảy là 0,85 hoặc lớn hơn, và

có độ bền chịu kéo lớn nhất là 600 MPa hoặc lớn hơn.

2. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời theo điểm 1, khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm nguyên tố: V: 0,01 đến 0,12% (tính theo % khối lượng).

3. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời theo điểm 1 hoặc 2, khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Cr, Cu, Ni, và Mo với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,02 đến 2,0% (tính theo % khối lượng).

4. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm nguyên tố: B: 0,0003 đến 0,005% (tính theo % khối lượng).

5. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, khác biệt ở chỗ, tấm thép này còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố trong số: Ca, Mg, La, và Ce với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0003 đến 0,01% (tính theo % khối lượng).

6. Tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5 được mạ hoặc được mạ hợp kim trên bề mặt.

7. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, tấm thép này có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước:

gia nhiệt tấm thép có thành phần theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến

5 đến nhiệt độ 1150°C hoặc cao hơn,

cán thô tấm thép đã được gia nhiệt, kết thúc bước cán thô ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 1000°C đến 1080°C, trong đó khoảng thời gian cán tối đa trong bước cán thô, mà được thực hiện ở nhiệt độ 1150°C hoặc nhỏ hơn là 45 giây hoặc ngắn hơn,

sau khi cán thô, giữ tấm thép trong khoảng thời gian giữ t_1 (giây), mà thỏa mãn công thức (1) dưới đây, sau đó bắt đầu quy trình cán tinh,

thực hiện bước cán tinh với nhiệt độ cán tinh T_f , mà thỏa mãn công thức (2) dưới đây để thu được tấm thép,

bắt đầu làm mát bằng nước tấm thép trong vòng 3 giây sau khi cán tinh, sau đó làm mát tấm thép đến nhiệt độ là 700°C hoặc nhỏ hơn ở tốc độ làm mát thấp nhất là 8°C/giây hoặc cao hơn, và

cuộn tấm thép ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 530°C và 650°C.

$$1000 \times ([\%Ti] + [\%Nb]) > t_1 \quad \text{công thức (1)}$$

$$T_f > 830 + 400([\%Ti] + [\%Nb]) \quad \text{công thức (2)}$$

8. Phương pháp sản xuất tấm thép cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao theo điểm 7, khác biệt ở chỗ, trong đó nhiệt độ cán tinh T_f thỏa mãn công thức (3) dưới đây:

$$T_f > 830 + 800([\%Ti] + [\%Nb]) \quad \text{công thức (3)}$$

9. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ được cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước:

tẩy gỉ tấm thép cán nóng, mà thu được bởi phương pháp sản xuất theo điểm 7 hoặc 8,

gia nhiệt tấm thép ở nhiệt độ A_{c3} hoặc nhỏ hơn, sau đó nhúng tấm thép trong bể mạ để mạ bề mặt của tấm thép.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ được cán nóng có tỷ lệ giới hạn chảy cao, có độ hấp thụ năng lượng va đập ở nhiệt độ thấp và có độ bền chống hóa mềm trong vùng bị tác động bởi nhiệt (HAZ) tuyệt vời theo điểm 9, khác biệt ở chỗ, phương pháp này còn bao gồm bước hợp kim hóa tấm thép được mạ sau bước mạ.

$$\frac{1}{2}$$

Fig.1

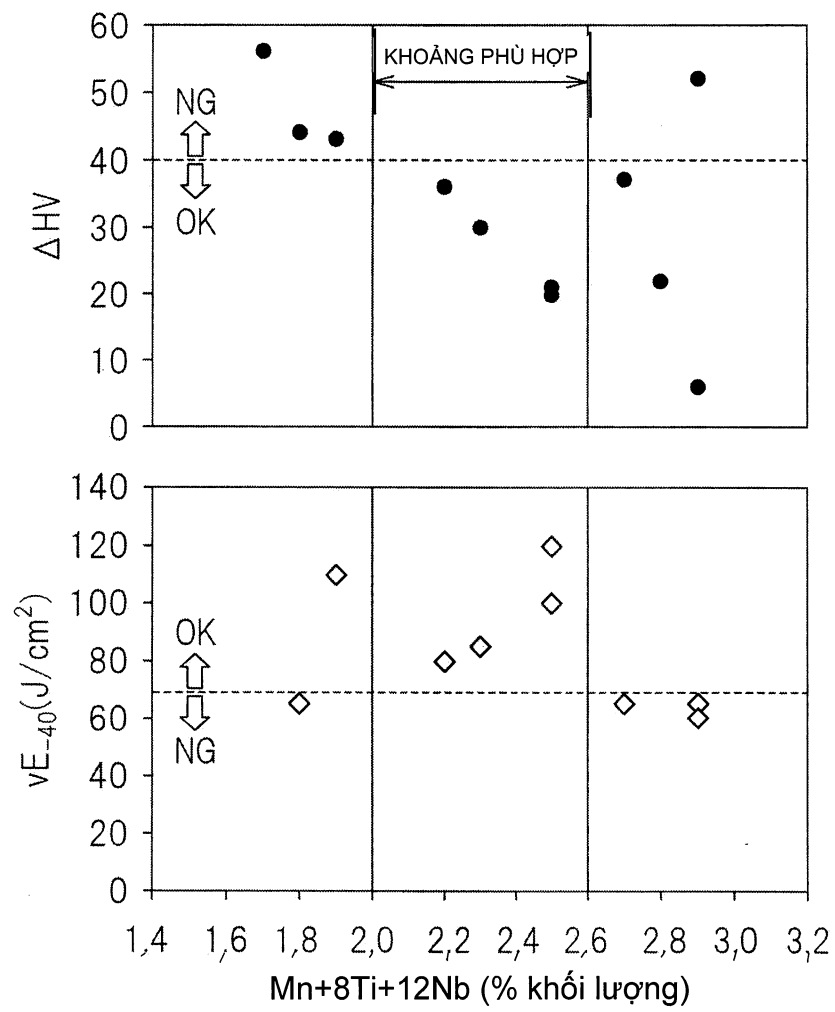


Fig.2

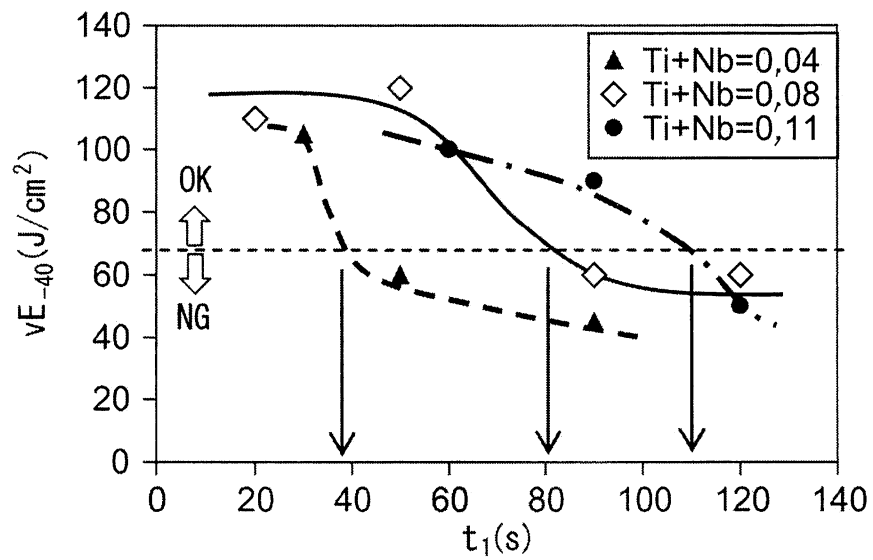


Fig.3

