



(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)



1-0038464

(51)^{2006.01} C21D 1/06; C21D 6/02; C21D 8/06; (13) B
C21D 9/46; C22C 38/02; C22C 38/20;
C22C 38/22; C22C 38/24; C22C 38/26;
C22C 38/28; C22C 38/30; C22C 38/32;
C22C 38/38; C22C 38/44; C22C 38/46;
C22C 38/50; C22C 38/58; C22C 38/60;
C23C 8/32; C21D 6/00

(21) 1-2017-04164

(22) 24/03/2016

(86) PCT/JP2016/001721 24/03/2016

(87) WO 2016/152167 29/09/2016

(30) 2015-061400 24/03/2015 JP

(45) 25/01/2024 430

(43) 25/12/2017 357A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

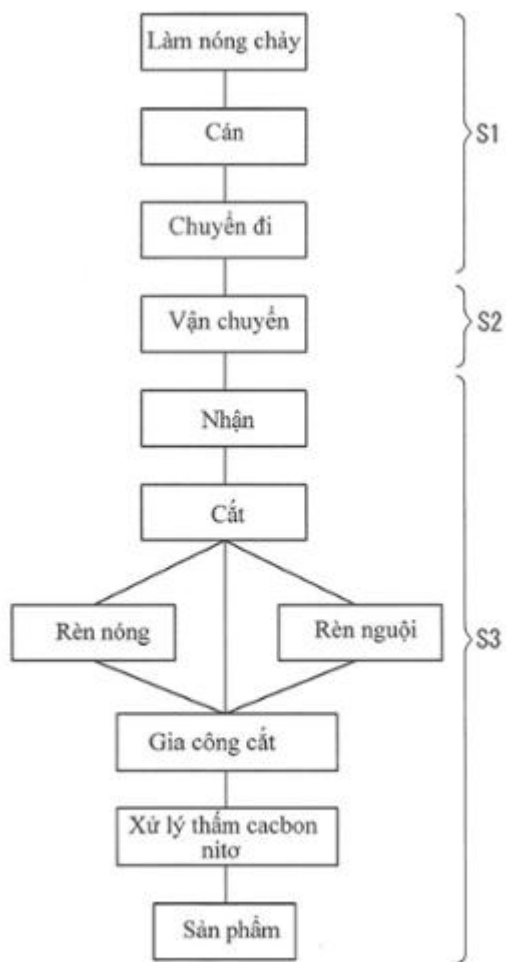
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) KASAI, Masayuki (JP); IWAMOTO, Takashi (JP); TOMITA, Kunikazu (JP).

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

(54) THÉP DÙNG CHO QUÁ TRÌNH THẨM CACBON NITƠ, HỢP PHẦN ĐƯỢC THẨM CACBON NITƠ VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHÚNG

(57) Sáng chế đề cập đến thép dùng cho quá trình thẩm cacbon nitơ mà khả năng gia công cơ học của nó trước khi xử lý thẩm cacbon nitơ được bảo đảm bằng cách đảm bảo độ bền mỏi mà không làm cho thép bị cứng trước khi đưa vào xử lý thẩm cacbon nitơ, và phương pháp sản xuất chúng. Thép dùng cho quá trình thẩm cacbon nitơ có thành phần hóa học mà chứa C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%, Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,02% hoặc nhỏ hơn, S: 0,06% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn, V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%, N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, có thành phần hóa học thỏa mãn hệ thức được xác định trước; và cấu trúc tế vi của thép mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích là lớn hơn 50%.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ và hợp phần thu được từ thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ, và các phương pháp sản xuất chúng. Các hợp phần theo sáng chế thể hiện khả năng chịu rèn nóng và các đặc tính mỏi ưu việt sau khi xử lý thấm cacbon nitơ và thích hợp cho việc sử dụng làm các hợp phần dùng cho ô tô và máy móc xây dựng.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Do các đặc tính mỏi ưu việt được mong muốn dùng cho các hợp phần cấu kiện gia công, như phụ tùng ô tô, việc làm cứng bề mặt thường được thực hiện. Các ví dụ về việc xử lý làm cứng bề mặt đã biết bao gồm xử lý thấm cacbon, làm cứng nhờ tôi cảm ứng, và xử lý thấm nitơ.

Trong số này, việc xử lý thấm cacbon, C được nhúng chìm và được khuếch tán trong vùng austenit nhiệt độ cao và thu được độ sâu làm cứng sâu. Do đó, xử lý thấm cacbon hiệu quả trong việc cải thiện độ bền mỏi. Tuy nhiên, do sự biến dạng xử lý nhiệt xảy ra do xử lý thấm cacbon, khó để áp dụng việc xử lý này vào các hợp phần mà yêu cầu độ chính xác về kích thước cao theo quan điểm về độ nhiễu hoặc tương tự.

Hơn nữa, trong việc làm cứng nhờ tôi cảm ứng, do việc tôi được thực hiện trên phần lớp bề mặt bằng cách làm nóng cảm ứng cao tần, sự biến dạng do xử lý nhiệt được tạo ra, và do đó dẫn đến độ chính xác về kích thước kém như trong trường hợp xử lý thấm cacbon.

Mặt khác, trong việc xử lý thấm nitơ, độ cứng bề mặt được tăng lên do nhúng chìm và phân tán nitơ ở phạm vi nhiệt độ tương đối thấp hoặc nhiệt độ biến đổi Ac_1 , và do đó không có khả năng biến dạng do xử lý nhiệt

như được nêu trên. Tuy nhiên, có các vấn đề là việc xử lý cần trong khoảng thời gian dài từ 50 giờ đến 100 giờ, và sau đó cần loại bỏ các lớp hợp chất giòn trên lớp bề mặt sau khi thực hiện xử lý.

Do đó, việc xử lý thấm cacbon nitơ mà trong đó việc xử lý được thực hiện ở nhiệt độ xử lý hầu như bằng nhiệt độ xử lý thấm nitơ và trong thời gian xử lý ngắn hơn được phát triển, và trong những năm gần đây, việc xử lý này đã được sử dụng rộng rãi đối với các hợp phần cấu kiện gia công và tương tự. Trong quá trình xử lý thấm cacbon nitơ này, N và C được thấm và được khuếch tán đồng thời trong phạm vi nhiệt độ từ 500°C đến 600°C để làm cứng bề mặt, và thời gian xử lý có thể được thực hiện một nửa số được yêu cầu cho việc xử lý thấm nitơ thông thường.

Tuy nhiên, trong khi việc xử lý thấm cacbon được nêu trên cho phép làm tăng độ cứng lõi bằng cách làm cứng nhờ tôi, thì việc xử lý thấm cacbon nitơ không làm tăng độ cứng lõi do việc xử lý được thực hiện ở nhiệt độ bằng hoặc thấp hơn điểm biến đổi của thép. Do đó, độ bền mỏi của vật liệu được thấm cacbon nitơ kém hơn so với vật liệu thấm cacbon.

Để cải thiện độ bền mỏi của vật liệu được thấm cacbon nitơ, việc tôi và ram thường được thực hiện trước khi thấm cacbon nitơ để làm tăng độ cứng lõi. Tuy nhiên, các đặc tính mỏi thu được không thể được coi là đủ. Hơn nữa, việc tiếp cận này làm tăng chi phí sản xuất và làm giảm tính gia công cơ học.

Để giải quyết các vấn đề này, JPH559488A (Tài liệu sáng chế 1) đề xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ mà có thể thể hiện độ bền mỏi uốn cao sau khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ bằng cách bổ sung Ni, Al, Cr, Ti, và tương tự đối với thép.

Cụ thể, thép này được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ, nhờ đó phần lõi được làm cứng già bằng các hợp chất điện tử gốc Ni-Al hoặc Ni-Ti hoặc các hợp chất Cu, trong khi trong phần lớp bề mặt, ví dụ, nitơ hóa or cacbua của Cr, Al, Ti, và tương tự được làm cho kết tủa và làm cứng trong lớp nitơ

để cải thiện độ bền mỗi khi uốn.

JP200269572A (Tài liệu sáng chế 2) đề xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ mà tạo ra các đặc tính mỗi uốn ưu việt sau khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ bằng cách đưa thép chứa từ 0,5% đến 2% Cu vào kéo dài rèn bằng cách rèn nóng, và sau đó không khí làm nguội thép sao cho có cấu trúc tế vi chủ yếu bao gồm ferit có dung dịch Cu được hòa tan trong đó, và sau đó làm cho việc làm cứng kết tủa của Cu trong khi xử lý thấm cacbon nitơ ở nhiệt độ 580°C trong thời gian 120 phút và việc làm cứng kết tủa của cacbonitrit của Ti, V và Nb.

JP2010163671A (Tài liệu sáng chế 3) đề xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ thu được bằng cách phân tán cacbua Ti-Mo, và còn phân tán cacbua chứa một hoặc nhiều Nb, V, và W.

JP2013166997A (Tài liệu sáng chế 4) đề xuất vật liệu thép dùng cho thấm cacbon nitơ mà thể hiện độ bền mỗi uốn bằng cách tạo ra thép chứa V và Nb có cấu trúc tế vi mà trong đó bainit chủ yếu có mặt trước khi nitơ hóa để hạn chế việc kết tủa của cacbonitrit V và Nb, và các cacbonitrit này làm cho kết tủa khi nitơ hóa để làm tăng độ cứng của lõi.

Tài liệu đối chứng

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JPH559488A

Tài liệu sáng chế 2: JP200269572A

Tài liệu sáng chế 3: JP2010163671A

Tài liệu sáng chế 4: JP2013166997A

Tài liệu sáng chế 5: JP5567747B

Tài liệu sáng chế 6: JP201132537A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, trong thép thấm cacbon nitơ được nêu trong Tài liệu sáng chế 1, mặc dù độ bền mỏi uốn được cải thiện bằng cách làm cứng kết tủa của các hợp chất điện tử gốc Ni-Al hoặc Ni-Ti, Cu, và tương tự, khả năng gia công không thể được nói là được đảm bảo đầy đủ, và hàm lượng Ni cao dẫn đến vấn đề là chi phí sản xuất tăng lên.

Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ trong Tài liệu sáng chế 2 cần Cu, Ti, V, và Nb được bổ sung vào thép với lượng tương đối lớn, và có vấn đề là chi phí sản xuất cao.

Hơn nữa, thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ trong Tài liệu sáng chế 3 chứa Ti và Mo với lượng tương đối lớn, và cũng có vấn đề là chi phí cao.

Trong trường hợp là các vật liệu thép dùng cho việc nitơ hóa trong các Tài liệu sáng chế 4 và 5, đảm bảo khả năng gia công bằng cách cắt, việc làm tăng độ cứng bainit được hạn chế bằng cách giảm hàm lượng C. Khả năng tôi cứng giảm xuống làm hàm lượng C giảm xuống, mà làm cho nó khó tạo ra cấu trúc tế vi bainit. Để bù cho việc này, Mn, Cr, and Mo, mà có tác dụng để cải thiện khả năng tôi cứng, được bổ sung vào thép để thúc đẩy sự hình thành cấu trúc tế vi bainit. Tuy nhiên, trong trường hợp là vật liệu được cán được tạo ra bằng cách đúc liên tục, các khuyết tật về bề mặt, được gọi là "các vết nứt đúc liên tục", dễ dàng tạo ra trên bề mặt của thép đúc, dẫn đến vấn đề là làm giảm khả năng sản xuất.

Ngoài ra, thép dùng cho việc nitơ hóa trong JP201132537A (Tài liệu sáng chế 6) có vấn đề là các vết nứt bề mặt có khả năng xảy ra trong khi đúc liên tục, dẫn đến khả năng sản xuất kém.

Do đó có thể hữu ích để tạo ra thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ mà khả năng gia công cơ học của nó trước khi xử lý thấm cacbon nitơ được bảo đảm bằng cách đảm bảo độ bền mỏi mà không làm cho thép bị cứng trước khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ, và phương pháp sản xuất tấm thép này. Cũng có thể hữu ích tạo ra hợp phần thấm cacbon nitơ mà

các đặc tính mới của nó có thể được cải thiện bằng cách làm tăng độ cứng bề mặt nhờ xử lý thấm cacbon nitơ sau khi gia công.

Giải pháp cho vấn đề

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, các tác giả đã nghiên cứu chuyên sâu ảnh hưởng của các thành phần hóa học và cấu trúc tế vi của thép.

Kết quả là, các tác giả đã phát hiện ra là bằng cách sắp xếp thép để có thành phần hóa học thích hợp mà chứa V và Nb với lượng thích hợp, Sb với lượng nhỏ, và cấu trúc tế vi của thép mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích là lớn hơn 50%, thép thu được có thể có khả năng gia công cơ học ưu việt, và sau khi thép được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ, các chất kết tủa mịn chứa V và Nb ở lõi của chúng được làm cho kết tủa kiểu phân tán để làm tăng độ cứng lõi, và các đặc tính mới ưu việt có thể thu được.

Sáng chế được hoàn thành nhờ việc kiểm tra thêm dựa trên sự phát hiện nêu trên.

Cụ thể, các dấu hiệu kỹ thuật cơ bản của sáng chế được nêu dưới đây.

1. Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ bao gồm: thành phần hóa học mà chứa (bao gồm), % theo khối lượng, C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%, Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,02% hoặc nhỏ hơn, S: 0,06% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn, V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%, N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn, phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, có thành phần hóa học thỏa mãn một trong các hệ thức sau đây:

trong trường hợp mà hàm lượng C bằng 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

$$(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) \leq 13,0, \text{ và}$$

trong trường hợp mà hàm lượng C là lớn hơn 0,10% và nhỏ hơn 0,20%,

$$2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) \leq 35,0; \text{ và}$$

cấu trúc tế vi của thép mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích là lớn hơn 50%.

2. Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ theo mục 1., trong đó thành phần thép còn chứa, % theo khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn, and Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn.

3. Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ theo mục 1. hoặc 2., trong đó thành phần thép còn chứa, % theo khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm W: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

4. Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ theo mục 1., 2., hoặc 3., trong đó thành phần thép còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Sn: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

5. Hợp phần bao gồm: phần lõi bao gồm thành phần hóa học và cấu trúc tế vi của thép theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1. đến 4.; và phần lớp bề mặt bao gồm thành phần hóa học có hàm lượng nitơ và cacbon cao so với thành phần hóa học của phần lõi.

6. Hợp phần theo mục 5., trong đó các chất kết tủa chứa V và Nb được phân tán vào pha bainit.

7. Phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ, bao gồm: bước đưa thép vào gia công nóng có nhiệt độ làm nóng là 950°C hoặc cao hơn và nhiệt độ hoàn thành là 800°C hoặc cao hơn, thép bao gồm thành phần hóa học mà chứa (bao gồm), theo % khối lượng, C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%, Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Mn: 1,5% hoặc lớn hơn

và 3,0% hoặc nhỏ hơn, P: 0,02% hoặc nhỏ hơn, S: 0,06% hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn, Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn, V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%, N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn, và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, có thành phần hóa học thỏa mãn một trong số các hệ thức sau đây:

trong trường hợp mà hàm lượng C bằng 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

$$(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) \leq 13,0, \text{ và}$$

trong trường hợp mà hàm lượng C là lớn hơn 0,10% và nhỏ hơn 0,20%,

$$2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) \leq 35,0; \text{ và}$$

sau đó làm nguội thép ở tốc độ làm nguội cao hơn 0,4°C/giây ít nhất nằm trong phạm vi nhiệt độ từ 700°C đến 550°C.

8. Phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nito theo mục 7., trong đó thành phần thép còn chứa, % theo khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn, and Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn.

9. Phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nito theo mục 7. hoặc 8., trong đó thành phần thép còn chứa, % theo khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm W: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

10. Phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nito theo mục 7., 8., hoặc 9., trong đó thành phần thép còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Sn: 0,2%

hoặc nhỏ hơn.

11. Phương pháp sản xuất hợp phần, bao gồm: bước xử lý thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ có thể thu được bằng phương pháp được nêu trong mục bất kỳ trong số các mục từ 7. đến 10. thành hình dạng mong muốn; và sau đó đưa thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ vào xử lý thấm cacbon nitơ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C trong thời gian 10 phút hoặc lâu hơn.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Sáng chế cho phép sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ mà ưu việt về khả năng gia công cơ học có thành phần hóa học rẻ. Bằng cách đưa thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ vào xử lý thấm cacbon nitơ, có thể thu được hợp phần có các đặc tính mỗi tương đương hoặc tốt hơn, ví dụ, thép JIS SCr420 được đưa vào xử lý thấm cacbon. Do đó, hợp phần được nêu ở đây là rất hữu ích khi được áp dụng vào các hợp phần cấu kiện cơ học như các bộ phận của ô tô.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 minh họa kiểu sơ đồ các bước thực hiện để tạo ra hợp phần được thấm cacbon nitơ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây mô tả sáng chế chi tiết.

Thứ nhất, các nguyên nhân để giới hạn thành phần hóa học với phạm vi được xác định trước theo sáng chế sẽ được mô tả. Các biểu diễn % dưới đây chỉ thành phần hóa học là theo % khối lượng trừ khi có quy định khác.

C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%

C được bổ sung nhằm mục đích của sự hình thành pha bainit và để đảm bảo độ bền. Tuy nhiên, nếu hàm lượng C nhỏ hơn 0,01%, không thể thu được lượng đủ của pha bainit và lượng kết tủa V và Nb được tạo ra sau khi xử lý thấm cacbon nitơ là không đủ, làm cho nó khó đảm bảo đủ độ

bền. Do đó, hàm lượng C được thiết lập đến 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng C là 0,20% hoặc lớn hơn, pha bainit được tạo ra làm tăng về độ cứng, nhờ đó làm cho khả năng gia công cơ học và các đặc tính mỏi giảm xuống. Do đó, hàm lượng C được thiết lập nhỏ hơn 0,20%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng C là 0,04% hoặc lớn hơn và 0,18% hoặc nhỏ hơn.

Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Si được bổ sung cho sự hữu ích của nó đối với sự khử oxy và mục đích hình thành pha bainit. Nếu hàm lượng Si lớn hơn 1,0%, khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt và khả năng gia công nguội giảm do sự làm cứng dung dịch rắn của pha ferit và bainit. Do đó, hàm lượng Si được thiết lập đến 1,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,8% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,7% hoặc nhỏ hơn. Đối với Si góp phần hữu hiệu cho việc khử oxy, tốt hơn là thiết lập hàm lượng Si đến 0,01% hoặc lớn hơn.

Mn: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn

Mn được bổ sung cho sự hữu ích của nó đối với sự hình thành pha bainit và mục đích làm tăng độ bền. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Mn nhỏ hơn 1,5%, ít dạng pha bainit, và các chất kết tủa V và Nb được làm cho tạo ra trước khi xử lý thấm cacbon nitơ, dẫn đến làm tăng độ cứng trước khi thấm cacbon nitơ. Ngoài ra, hàm lượng Mn thấp này làm giảm lượng tuyệt đối của các chất kết tủa V và Nb còn lại sau khi xử lý thấm cacbon nitơ, và cuối cùng làm giảm độ cứng sau khi thấm cacbon nitơ, làm cho nó khó có thể đảm bảo đủ độ bền. Do đó, hàm lượng Mn được thiết lập đến 1,5% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu nó vượt quá 3,0%, các vết nứt do đúc liên tục có thể xảy ra nhiều hơn, làm cho khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt và khả năng gia công nguội giảm xuống. Do đó, lượng Mn được thiết lập đến 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mn tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,5% đến 2,5%.

P: 0,02% hoặc nhỏ hơn

P phân tách ở các biên hạt austenit, và giảm độ bền biên hạt, nhờ đó có làm cho các vết nứt do đúc liên tục có thể xảy ra nhiều hơn. Việc này cũng làm giảm độ bền và độ dai. Do đó, hàm lượng P được giữ theo mong muốn càng nhỏ càng tốt, hàm lượng chưa lên đến 0,02% là có thể chấp nhận được. Như việc thiết lập hàm lượng P nhỏ hơn 0,001% cần chi phí cao, nó đủ theo các điều kiện công nghiệp để làm giảm hàm lượng P đến 0,001%.

S: 0,06% hoặc nhỏ hơn

S là nguyên tố hữu ích mà tạo ra MnS trong thép để cải thiện khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt. Tuy nhiên, hàm lượng S vượt quá 0,06%, gây ra sự giảm về độ dai. Do đó, hàm lượng S được thiết lập đến 0,06% hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa, hàm lượng S vượt quá 0,06% làm cho các vết nứt do đúc liên tục có thể xảy ra nhiều hơn. Do đó, hàm lượng S được thiết lập đến 0,04% hoặc nhỏ hơn.

Đối với S để đạt được hiệu quả khi cải thiện khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt, hàm lượng S tốt hơn là được thiết lập đến 0,002% hoặc lớn hơn.

Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn

Cr được bổ sung cho sự hữu ích của nó đối với mục đích hình thành pha bainit. Cr còn có tác dụng khi tạo ra các nitơ hóa nhờ thấm cacbon nitơ và cải thiện độ cứng bề mặt. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Cr nhỏ hơn 0,30%, ít dạng pha bainit, và các chất kết tủa V và Nb được làm cho tạo ra trước khi xử lý thấm cacbon nitơ, dẫn đến làm tăng độ cứng trước khi thấm cacbon nitơ. Hàm lượng Cr thấp này còn làm giảm lượng tuyệt đối của các chất kết tủa V và Nb còn lại sau khi xử lý thấm cacbon nitơ, và cuối cùng làm giảm độ cứng sau khi thấm cacbon nitơ, làm cho nó khó có thể đảm bảo đủ độ bền. Do đó, hàm lượng Cr được thiết lập đến 0,30% hoặc lớn hơn. Mặt khác, hàm lượng Cr vượt quá 3,0% làm giảm tính dẻo nóng, và làm cho việc làm cứng giảm khả năng có thể gia công trên máy bằng cách

cắt. Do đó, lượng Cr được thiết lập đến 3,0% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,5% hoặc lớn hơn và 1,5% hoặc nhỏ hơn.

Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn

Mo làm tăng khả năng tôi cứng và dễ dàng cho việc hình thành pha bainit. Do đó, Mo có hiệu quả khi gây ra sự hình thành các chất kết tủa V và Nb mịn và làm tăng độ bền của vật liệu được thấm cacbon nitơ. Do đó, Mo là một trong các nguyên tố quan trọng đối với sáng chế. Mo còn hữu hiệu trong việc hình thành bainit. Để thu được hiệu quả làm tăng độ bền, hàm lượng Mo được thiết lập đến 0,005% hoặc lớn hơn. Mặt khác, hàm lượng Mo vượt quá 0,40% làm giảm độ dẻo nóng và làm cho thép đúc dễ xảy ra các vết nứt do đúc liên tục hơn, và dẫn đến làm tăng chi phí hợp phần là Mo là nguyên tố tốt nhất. Do đó, hàm lượng Mo được thiết lập nằm trong khoảng từ 0,005% đến 0,40%. Hàm lượng Mo tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,3%, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,04% đến nhỏ hơn 0,2%.

V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn

V là nguyên tố quan trọng mà tạo ra các chất kết tủa mịn có Nb do nhiệt độ tăng trong quá trình thấm cacbon nitơ nhờ đó làm tăng độ cứng lõi và cải thiện độ bền. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng V bằng 0,02% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng V vượt quá 0,5%, các chất kết tủa trở nên thô hơn, hiệu quả làm tăng độ bền không đủ, và việc bị nứt bị thúc đẩy trong quá trình đúc liên tục. Do đó, hàm lượng V bằng 0,5% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng V tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,03% đến 0,3%, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,03% đến 0,25%.

Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn

Nb tạo ra các chất kết tủa mịn với V do nhiệt độ tăng trong quá trình thấm cacbon nitơ và làm tăng độ cứng lõi, và do đó rất có hiệu quả trong việc làm tăng độ bền mỏi. Để thu được hiệu quả này, hàm lượng Nb được

thiết lập đến 0,003% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Nb vượt quá 0,20%, các chất kết tủa trở nên thô hơn, hiệu quả làm tăng độ bền không đủ, và việc bị nứt bị thúc đẩy trong quá trình đúc liên tục. Do đó, hàm lượng Nb được thiết lập đến 0,20% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Nb tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,02% đến 0,18%.

Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn

Al là nguyên tố hữu ích cho việc cải thiện độ cứng bề mặt và chiều sâu lớp biến được làm cứng ưu việt sau khi xử lý thấm cacbon nitơ, và do đó được bổ sung theo cách có chủ ý. Al cũng là nguyên tố hữu ích để ngăn sự tăng trưởng của hạt austenit trong quá trình rèn nóng để tạo ra tốt hơn và làm tăng độ dai. Theo quan điểm này, hàm lượng Al được thiết lập đến 0,010% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, việc bổ sung Al vượt quá 2,0% không làm tăng hiệu quả này, nhưng thay vì thúc đẩy việc bị nứt trong quá trình đúc liên tục và dẫn đến tăng chi phí hợp phần, mà gây bất lợi. Do đó, hàm lượng Al được thiết lập đến 2,0% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là, hàm lượng Al lớn hơn 0,020% và không lớn hơn 1,5%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng Al lớn hơn 0,020% và không lớn hơn 1,2%.

Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%

Ti là nguyên tố hữu ích để ngăn việc xảy ra các vết nứt do làm nguội trong quá trình đúc liên tục và các vết nứt bề mặt trong quá trình uốn/phục hồi uốn khi sử dụng máy đúc liên tục uốn, và được bổ sung có chủ ý trong phạm vi vượt quá 0,005%. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Ti là 0,025% hoặc lớn hơn, TiN thô được tạo ra và độ bền mỏi giảm xuống. Do đó, hàm lượng Ti được thiết lập nhỏ hơn 0,025%. Hàm lượng Ti tốt hơn là lớn hơn 0,012% và không lớn hơn 0,023%, và tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,015% đến 0,022%.

N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố hữu ích để tạo ra cacbonitrit trong thép và cải thiện độ bền của vật liệu được thấm cacbon nitơ, và tốt hơn là được bổ sung theo

lượng là 0,0020% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng N vượt quá 0,0200%, cacbonitrit thu được được làm thành thô và độ dai của vật liệu thép giảm xuống. Ngoài ra, thép đúc bị các vết nứt về mặt, dẫn đến việc giảm chất lượng phôi tấm đúc. Do đó, hàm lượng N được thiết lập đến 0,0200% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn nữa là 0,0180% hoặc nhỏ hơn.

Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn

Sb có tác dụng ngăn sự oxy hóa biên hạt và việc bị nứt bề mặt trong quá trình đúc, cán nóng, và rèn nóng, và cải thiện chất lượng bề mặt của sản phẩm. Tác dụng này không đủ khi hàm lượng Sb nhỏ hơn 0,0005%. Mặt khác, việc bổ sung Sb vượt quá 0,02% không làm tăng tác dụng này, nhưng thay vì dẫn đến tăng chi phí hợp phần và làm cho Sb phân tách ở các biên hạt hoặc khác, làm cho sự giảm về độ dai của thép thường. Do đó, khi được bổ sung, hàm lượng Sb được thiết lập đến 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Sb tốt hơn là 0,0010% hoặc lớn hơn và 0,01% hoặc nhỏ hơn.

Hơn nữa, theo sáng chế, cần thỏa mãn công thức sau đây theo hàm lượng C:

trong trường hợp mà hàm lượng C bằng 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

$$(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) \leq 13,0, \text{ hoặc}$$

trong trường hợp mà hàm lượng C lớn hơn 0,10% và nhỏ hơn 0,20%,

$$2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) \leq 35,0.$$

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu nguyên nhân làm nứt trong thép trong quá trình đúc liên tục, và đã phát hiện ra là sự kết tủa của MnS thô để tạo ferit được tạo ra ở các biên hạt trong quá trình đúc liên tục chịu trách nhiệm gây ra vết nứt. Do đó, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu cách để ngăn sự kết tủa của MnS để tạo ferit ở các biên hạt, và đã phát hiện ra là sự

kết tủa của MnS có liên quan chặt chẽ đến hàm lượng C, Ti, S, và N trong thép và việc bị nứt trong quá trình đúc liên tục có thể được ngăn bằng cách điều chỉnh các hàm lượng của các nguyên tố này để ngăn sự kết tủa của MnS để tạo ferit ở các biên hạt. Mặt khác, đối với C, Ti, S, và N, bằng cách thiết lập các tham số nằm trong khoảng nêu trên, có thể làm cho S kết tủa thành Ti carbosulfit để ngăn sự kết tủa của MnS thô để tạo ferit được tạo ra ở các biên hạt trong quá trình đúc liên tục, và việc bị nứt do đúc có thể được giảm.

Ngoài các hợp phần cơ bản được nêu trên, thành phần hóa học theo sáng chế có thể còn chứa tùy ý: một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn, và Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn; một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm W: 0,3% hoặc lớn hơn, Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn; hoặc một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và Sn: 0,2% hoặc nhỏ hơn. Các nguyên nhân đối với việc bổ sung mỗi nguyên tố sẽ được nêu dưới đây.

B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn

B có tác dụng khi cải thiện khả năng tôi cứng và thúc đẩy sự hình thành cấu trúc tế vi bainit. Do đó, B tốt hơn là được bổ sung với lượng là 0,0003% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, nếu hàm lượng B vượt quá 0,0100%, B kết tủa thành BN, tác dụng cải thiện khả năng tôi cứng bị bão hòa, và chi phí hợp phần tăng lên. Do đó, khi bổ sung, hàm lượng B được thiết lập đến 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng B tốt hơn là 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0080% hoặc nhỏ hơn.

Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn

Cu là nguyên tố hữu ích để tạo ra hợp chất liên kim loại có Fe, Ni, hoặc tương tự trong quá trình xử lý thấm cacbon nitơ và làm tăng độ bền của vật liệu được thấm cacbon nitơ bằng cách làm cứng kết tủa, và cùng

hữu hiệu cho sự hình thành pha bainit. Khi hàm lượng Cu vượt quá 0,3%, khả năng gia công nóng giảm xuống. Do đó, hàm lượng Cu được thiết lập đến 0,3% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cu tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,25%.

Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn

Ni có tác dụng khi tăng khả năng tôi cứng và ngăn độ giòn ở nhiệt độ thấp. Hàm lượng Ni vượt quá 0,3% không chỉ làm tăng về độ cứng và ảnh hưởng bất lợi khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt, mà còn bất lợi về chi phí. Do đó, hàm lượng Ni được thiết lập đến 0,3% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Ni tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,25%.

W: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn, Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn

W, Co, Hf, và Zr là các nguyên tố hữu hiệu để cải thiện độ bền của thép, và mỗi nguyên tố tốt hơn là được bổ sung với lượng là 0,01% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, việc bổ sung W và Co vượt quá 0,3% và Hf và Zr vượt quá 0,2% làm giảm độ dai. Do đó, giới hạn trên là 0,3% đối với W và Co và 0,2% đối với Hf và Zr. Tốt hơn là, hàm lượng W: 0,01% đến 0,25%, Co: 0,01% đến 0,25%, Hf: 0,01% đến 0,15%, và Zr: 0,01% đến 0,15%.

Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,2% hoặc nhỏ hơn

Pb, Bi, Zn, và Sn là các nguyên tố hữu hiệu để cải thiện khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt của thép, và mỗi nguyên tố tốt hơn là có thể được bổ sung với lượng là 0,02% hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, việc bổ sung vượt quá 0,2% làm giảm độ bền và độ dai. Do đó, giới hạn trên đối với mỗi khi bổ sung nguyên tố là 0,2%.

Đủ đối với thành phần hóa học của thép để chứa các nguyên tố nêu trên và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, tuy nhiên tốt hơn là thành phần hóa học bao gồm các nguyên tố nêu trên và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên.

Tiếp theo, cấu trúc tế vi của thép của thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ theo sáng chế sẽ được mô tả.

Pha bainit: lớn hơn 50% theo tỷ lệ diện tích

Theo sáng chế, quan trọng là cấu trúc tế vi của thép chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích lớn hơn 50% đối với toàn bộ thể tích của cấu trúc tế vi của thép.

Sáng chế nhằm cải thiện độ bền mỏi sau khi xử lý thấm cacbon nitơ bằng cách phân tán và kết tủa V và Nb trong khi xử lý thấm cacbon nitơ để làm tăng độ cứng của lớp nitrit và phần lõi. Mặt khác, nếu các chất kết tủa V và Nb có mặt với lượng lớn trước khi xử lý thấm cacbon nitơ, việc này gây lợi theo quan điểm về khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt ở thời điểm gia công cắt mà được thực hiện thông thường trước khi thấm cacbon nitơ. Hơn nữa, trong quá trình biến đổi bainit, các chất kết tủa V và Nb được tạo ra ít dễ dàng ở pha nền so với quá trình biến đổi ferit-pearlit. Do đó, cấu trúc tế vi của thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ theo sáng chế, ví dụ, cấu trúc tế vi của thép trước khi xử lý thấm cacbon nitơ chủ yếu bao gồm pha bainit. Cụ thể, tỷ lệ diện tích của pha bainit được thiết lập đến lớn hơn 50%, tốt hơn là lớn hơn 60%, và tốt hơn nữa là lớn hơn 80%, và có thể là 100%, đối với toàn bộ thể tích của cấu trúc tế vi của thép.

Các cấu trúc tế vi có thể có khác với pha bainit bao gồm pha ferit và pha pearlit, tuy nhiên được hiểu là các cấu trúc tế vi này tốt hơn là ít có thể có.

Ở đây, tỷ lệ diện tích của pha được xác định bằng phương pháp khử sạch, và sau đó khắc nital (axit nitric và cồn etanol), các mặt cắt ngang song song với hướng cán (hướng L) của các mẫu thử được lấy mẫu từ các thép thu được dùng cho thấm cacbon nitơ, và sau đó quan sát các cấu trúc tế vi của các mặt cắt ngang dưới kính hiển vi quang học hoặc kính hiển vi quét điện tử (SEM-scanning electron microscope) (việc quan sát cấu trúc

tế vi dưới kính hiển vi quang học ở độ phóng đại 200 lần) để nhận biết kiểu pha.

Các chất kết tủa chứa V và Nb được phân tán trong pha bainit

Trong hợp phần được thấm cacbon nitơ theo sáng chế, thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ được nêu ở đây tốt hơn là được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ vì vậy các chất kết tủa chứa V và Nb được phân tán trong pha bainit. Nguyên nhân mà là do các chất kết tủa chứa V và Nb bị phân tán trong cấu trúc tế vi ở phần lõi khác với phần thấm cacbon nitơ portion ở phần lớp bề mặt, độ cứng tăng lên và độ bền mỏi sau khi xử lý thấm cacbon nitơ được cải thiện đáng kể.

Thuật ngữ "phần lõi" được sử dụng ở đây đề cập đến vùng không bao gồm lớp hợp chất bề mặt và lớp được làm cứng được tạo ra do sự thấm cacbon nitơ. Tuy nhiên, tốt hơn là làm cho các chất kết tủa chứa V và Nb phân tán khắp pha bainit, hơn là chỉ trong phần lõi.

Hơn nữa, các chất kết tủa chứa V và Nb trong pha bainit tốt hơn là có kích cỡ trung bình nhỏ hơn 10 nm, và số các chất kết tủa này được phân tán tốt hơn là ở ít nhất 500 trên đơn vị diện tích ($1 \mu\text{m}^2$) để các chất kết tủa góp phần vào việc tăng độ bền bởi sự kết tủa sau khi xử lý thấm cacbon nitơ. Giới hạn đo dùng cho đường kính của các chất kết tủa là khoảng 1 nm.

Lưu ý ở đây là hợp phần thu được bằng cách xử lý thấm cacbon nitơ có lớp thấm cacbon nitơ trên lớp bề mặt. Trong hợp phần này, phần lớp bề mặt (phần khác với phần lõi) có thành phần hóa học mà có hàm lượng nitơ và cacbon cao hơn là trong phần lõi.

Tiếp theo, các phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ và hợp phần được thấm cacbon nitơ theo sáng chế sẽ được nêu.

Fig.1 minh họa quá trình sản xuất thường hợp phần thấm thấm cacbon nitơ sử dụng thanh thép làm thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ được nêu ở đây. Trên Fig này, S1 là bước sản xuất thanh thép, mà

thanh thép được sử dụng làm vật liệu, S2 là bước vận chuyển thanh thép, và S3 là bước hoàn thành sản phẩm (hợp phần thấm thấm cacbon nitơ).

Thứ nhất, trong bước sản xuất thanh thép (S1), thép đúc được cán nóng thành bán sản phẩm và được cán nóng thành thanh thép. Sau đó thanh thép đi qua việc kiểm tra chất lượng trước khi nó được chuyển đi.

Sau đó, sau khi được vận chuyển (S2), trong bước hoàn thành sản phẩm (hợp phần thấm thấm cacbon nitơ) (S3), thanh thép được cắt thành kích thước xác định trước, được đưa vào rèn nóng hoặc rèn nguội, được tạo thành hình dạng mong muốn (như hình dạng bánh răng hoặc hợp phần trục) bằng cách cắt cơ cấu như máy khoan hoặc máy tiện khi cần thiết, và sau đó được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ để thu được sản phẩm.

Ngoài ra, vật liệu cán nóng có thể được đưa trực tiếp vào cơ cấu cắt như máy tiện hoặc máy khoan để tạo ra hình dạng mong muốn trước khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ để thu được sản phẩm. Trong trường hợp rèn nóng, việc rèn nóng có thể tiếp theo sự nắn nguội. Ngoài ra, sản phẩm cuối có thể được đưa vào xử lý phủ như sơn hoặc mạ.

Theo phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ được nêu ở đây, ở thời điểm khi gia công nóng ngay trước khi xử lý thấm cacbon nitơ, có thể thu được cấu trúc tế vi bao gồm chủ yếu là pha bainit như được nêu trên và ngăn sự hình thành các chất kết tủa V và Nb bằng cách thiết lập nhiệt độ làm nóng cụ thể và nhiệt độ gia công cụ thể để gia công nóng.

Cụm từ "gia công nóng ngay trước khi xử lý thấm cacbon nitơ" đề cập đến hoặc là cán nóng hoặc là rèn nóng. Tuy nhiên, việc rèn nóng có thể được thực hiện sau khi cán nóng. Ngoài ra, việc cán nóng có thể tiếp theo việc rèn nóng.

Trong trường hợp gia công nóng ngay trước khi thấm cacbon nitơ là cán nóng, mặt khác, nếu việc rèn nóng không được thực hiện sau khi cán nóng, việc cán nóng cần thỏa mãn việc thiết lập các điều kiện được đưa ra

dưới đây.

Nhiệt độ làm nóng khi cán: 950°C hoặc cao hơn

Trong việc cán nóng, để ngăn cacbonitrit thô từ việc tạo ra trên vật liệu được cán và giảm độ bền mỗi, cacbua còn lại không được hòa tan sau khi việc hòa tan được làm cho hòa tan và tạo ra dung dịch. Nếu nhiệt độ làm nóng khi cán thấp hơn 950°C , khó để cacbua còn lại không được hòa tan sau khi việc hòa tan hòa tan và tạo ra dung dịch. Do đó, nhiệt độ làm nóng khi cán được thiết lập đến 950°C hoặc cao hơn, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 960°C đến 1250°C .

Nhiệt độ hoàn thành cán: 800°C hoặc cao hơn

Khi nhiệt độ hoàn thành cán nhỏ hơn 800°C , pha ferit tạo ra, mà bất lợi trong việc thu được cấu trúc tế vi mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích lớn hơn 50% đối với toàn bộ thể tích của cấu trúc tế vi trước khi xử lý thấm cacbon nitơ. Tải trọng cán cũng tăng lên. Do đó, nhiệt độ hoàn thành cán được thiết lập đến 800°C hoặc cao hơn. Về giới hạn trên, khi nhiệt độ hoàn thành cán vượt quá 1100°C , các hạt tinh thể được làm thô, làm cho sự giảm về các đặc điểm bề mặt ở thời gian khi cắt gia công sau khi cán nóng, khả năng chịu rèn nguội, và tương tự. Do đó, nhiệt độ hoàn thành cán tốt hơn là lên đến 1100°C .

Tỷ lệ làm nguội sau khi cán ít nhất ở khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 550°C : cao hơn $0,4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$

Khi tỷ lệ làm nguội sau khi cán ít nhất ở khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 700°C đến 550°C là $0,4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn, các chất kết tủa mịn được tạo ra và được làm cứng trước khi đúc các hợp phần, dẫn đến làm tăng khả năng cắt trong khi cắt gia công, và tuổi thọ chi tiết giảm xuống. Do đó, ít nhất trong khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 550°C , mà là khoảng nhiệt độ mà trong đó các chất kết tủa mịn tạo ra, tốc độ làm nguội sau khi cán được thiết lập trên tốc độ làm nguội tới hạn là $0,4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ mà ở đó các chất kết tủa mịn thu được. Về giới hạn trên, nếu nó vượt quá $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$,

pha martensit cứng tạo ra và khả năng có thể gia công trên máy bị giảm lớn. Do đó, tốc độ làm nguội sau khi cán trong khoảng nhiệt độ này tốt hơn là lên đến $200^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ngoài ra, trong trường hợp gia công nóng ngay trước khi xử lý thấm cacbon nitơ là rèn nóng, mặt khác, nếu việc rèn nóng được thực hiện hoặc là một mình hoặc là sau khi cán nóng, việc rèn nóng cần thỏa mãn việc thiết lập các điều kiện được đưa ra dưới đây. Khi cán nóng được thực hiện trước khi việc rèn nóng, cán nóng không cần phải thỏa mãn các điều kiện nêu trên miễn là các điều kiện dưới đây được thỏa mãn bởi sự gia công định hình nóng.

Nhiệt độ làm nóng khi rèn: 950°C hoặc cao hơn

Trong khi rèn nóng, để tạo ra pha bainit theo tỷ lệ diện tích lớn hơn 50% đối với toàn bộ thể tích của cấu trúc tế vi, và để ngăn sự hình thành các chất kết tủa mịn từ quan điểm về sự nắn nguội và khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt sau khi rèn nóng, nhiệt độ làm nóng trong khi rèn nóng được thiết lập đến 950°C hoặc cao hơn. Nhiệt độ làm nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 960°C đến 1250°C .

Nhiệt độ hoàn thành rèn: 800°C hoặc cao hơn

Khi nhiệt độ hoàn thành rèn nhỏ hơn 800°C , pha ferit tạo ra, mà bất lợi trong việc thu được cấu trúc tế vi mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích lớn hơn 50% đối với toàn bộ thể tích của cấu trúc tế vi trước khi xử lý thấm cacbon nitơ. Tải trọng rèn cũng tăng lên. Do đó, nhiệt độ hoàn thành rèn được thiết lập đến 800°C hoặc cao hơn. Về giới hạn trên, khi nhiệt độ hoàn thành rèn vượt quá 1100°C , các hạt tinh thể được làm thô, làm cho sự giảm về các đặc điểm bề mặt ở thời gian khi cắt gia công sau khi rèn nóng. Do đó, nhiệt độ hoàn thành rèn tốt hơn là lên đến 1100°C .

Tỷ lệ làm nguội sau khi rèn ít nhất ở khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 550°C : cao hơn $0,4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$

Khi tỷ lệ làm nguội ít nhất ở khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ

700°C đến 550°C sau khi rèn là 0,4°C/giây hoặc thấp hơn, các chất kết tủa mịn được tạo ra và được làm cứng trước khi đúc các hợp phần, dẫn đến làm tăng khả năng cắt trong khi cắt gia công, và tuổi thọ chi tiết giảm xuống. Do đó, ít nhất trong khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 550°C, mà là khoảng nhiệt độ mà trong đó các chất kết tủa mịn tạo ra, tốc độ làm nguội sau khi rèn được thiết lập trên tốc độ làm nguội tới hạn là 0,4°C/giây mà ở đó các chất kết tủa mịn thu được. Đối với giới hạn trên, nếu nó vượt quá 200°C/giây, pha martensit cứng tạo ra và khả năng có thể gia công trên máy bị giảm lớn. Do đó, tốc độ làm nguội sau khi rèn trong khoảng nhiệt độ này tốt hơn là lên đến 200°C/giây.

Sau đó, do đó các vật liệu được cán hoặc được rèn có thể được đưa vào cắt gia công và tương tự để có hình dạng của các hợp phần và tiếp theo xử lý thấm cacbon nitơ dưới việc thiết lập các điều kiện dưới đây.

Các điều kiện xử lý thấm cacbon nitơ

Để tạo ra các chất kết tủa mịn, xử lý thấm cacbon nitơ tốt hơn là được thực hiện ở nhiệt độ thấm cacbon nitơ nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C trong khoảng thời gian là 10 phút hoặc lớn hơn. Nguyên nhân vì sao nhiệt độ thấm cacbon nitơ được thiết lập từ 550°C đến 700°C đó là nếu nhiệt độ thấm cacbon nitơ nhỏ hơn 550°C, lượng đủ của các chất kết tủa không thể thu được, trong khi nếu nhiệt độ thấm cacbon nitơ lớn hơn 700°C, nó tiến tới vùng austenit và làm cho và việc thấm cacbon nitơ khó thực hiện. Nhiệt độ thấm cacbon nitơ tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 550°C đến 630°C.

Do N và C được đưa và được khuếch tán ở cùng thời điểm trong quá trình xử lý thấm cacbon nitơ, việc xử lý thấm cacbon nitơ có thể được thực hiện trong môi trường hỗn hợp là khí nitơ hóa như NH₃ hoặc N₂ và khí thấm cacbon như CO₂ hoặc CO, ví dụ trong môi trường là NH₃: N₂ : CO₂ = 50 : 45 : 5.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ theo sáng chế sẽ được mô tả cụ thể dưới đây.

Thép (từ ID 1 đến ID 51) có các thành phần được nêu trên Bảng 1 và Bảng 2 được làm từ thép đúc, mỗi mỗi dài 8000 mm và có mặt cắt ngang là $300\text{ mm} \times 400\text{ mm}$, sử dụng máy đúc liên tục. Ở thời điểm này, mỗi thép được kiểm tra đối với các vết nứt trên bề mặt. Cụ thể, việc quan sát bề mặt được thực hiện theo hướng chiều dài của mỗi thép đúc, và sự vắng mặt hoặc có mặt các vết nứt có nhiều dài là 10 mm hoặc lớn hơn được đánh giá. Số vết nứt được tạo ra trên bề mặt của thép đúc được đếm trên 1 m^2 của mỗi thép đúc, và dựa trên tiêu chuẩn đánh giá, A: không nứt, B: 1-4 vết nứt/ m^2 , và C: 5 vết nứt hoặc lớn hơn / m^2 , các trường hợp A và B đạt được là đạt.

Bảng 1

Số ID của thép	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Al	Ti	N	Sb	Thành phần khác	Công thức 1 *)	Loại
1	0,043	0,05	1,75	0,014	0,015	1,15	0,070	0,08	0,063	0,035	0,013	0,0090	0,0005	-	4,10	Ví dụ
2	0,131	0,11	1,45	0,012	0,019	1,25	0,006	0,14	0,074	0,031	0,015	0,0044	0,0006	-	6,82	Ví dụ
3	0,179	0,25	2,42	0,012	0,017	1,32	0,105	0,12	0,051	0,028	0,009	0,0053	0,0007	-	11,72	Ví dụ
4	0,065	0,35	1,65	0,015	0,015	0,35	0,123	0,09	0,248	0,123	0,016	0,0048	0,0007	-	2,43	Ví dụ
5	0,045	0,65	1,75	0,010	0,016	1,26	0,051	0,12	0,176	0,350	0,009	0,0055	0,0012	-	4,76	Ví dụ
6	0,069	0,06	1,76	0,012	0,015	2,35	0,250	0,20	0,083	0,250	0,024	0,0053	0,0018	-	1,69	Ví dụ
7	0,053	0,07	1,55	0,008	0,016	1,35	0,256	0,18	0,034	0,265	0,021	0,0045	0,0009	-	1,88	Ví dụ
8	0,078	0,06	1,76	0,012	0,015	0,85	0,124	0,20	0,084	0,250	0,006	0,0123	0,0052	-	10,78	Ví dụ
9	0,054	0,07	1,64	0,008	0,016	1,65	0,090	0,34	0,199	0,265	0,013	0,0045	0,0185	-	3,03	Ví dụ
10	0,092	0,86	1,82	0,010	0,023	2,78	0,183	0,35	0,203	0,025	0,015	0,0056	0,0056	-	3,58	Ví dụ
11	0,034	0,05	1,77	0,012	0,017	1,74	0,084	0,04	0,124	0,010	0,011	0,0046	0,0098	-	3,75	Ví dụ
12	0,045	0,06	1,69	0,008	0,015	1,26	0,126	0,18	0,004	0,350	0,018	0,0036	0,0008	B: 0,0005	1,94	Ví dụ
13	0,063	0,12	2,26	0,015	0,016	1,34	0,254	0,13	0,148	0,550	0,022	0,0192	0,0010	Cu: 0,1	4,08	Ví dụ
14	0,180	0,31	1,69	0,018	0,033	1,13	0,180	0,15	0,039	1,420	0,006	0,0054	0,0006	Cu: 0,1, Ni: 0,15	25,76	Ví dụ
15	0,271	0,09	1,65	0,014	0,024	1,25	0,142	0,14	0,069	0,045	0,013	0,0065	0,0012	-	10,68	Ví dụ so sánh
16	0,084	1,26	1,65	0,012	0,024	1,16	0,111	0,16	0,078	0,035	0,011	0,0073	0,0053	-	5,55	Ví dụ so sánh
17	0,149	0,25	1,02	0,013	0,019	0,98	0,074	0,15	0,101	0,980	0,012	0,0047	0,0008	-	8,78	Ví dụ so sánh
18	0,129	0,09	3,24	0,018	0,025	1,46	0,068	0,21	0,049	0,135	0,018	0,0052	0,0009	-	7,14	Ví dụ so sánh
19	0,119	0,13	1,61	0,028	0,018	1,65	0,079	0,13	0,064	0,088	0,015	0,0063	0,0012	-	7,92	Ví dụ so sánh
20	0,051	0,13	2,13	0,018	0,075	1,34	0,231	0,25	0,063	0,153	0,011	0,0124	0,0013	-	14,09	Ví dụ so sánh
21	0,162	0,13	1,61	0,018	0,022	0,25	0,094	0,10	0,057	0,325	0,015	0,0032	0,0006	-	6,59	Ví dụ so sánh
22	0,090	0,13	1,61	0,018	0,022	3,51	0,118	0,11	0,054	0,325	0,015	0,0032	0,0012	-	2,93	Ví dụ so sánh
23	0,152	0,05	1,64	0,016	0,015	1,46	0,004	0,12	0,075	0,053	0,012	0,0056	0,0010	-	8,55	Ví dụ so sánh
24	0,112	0,22	1,73	0,014	0,034	2,01	0,096	0,01	0,052	0,024	0,006	0,0152	0,0009	-	43,06	Ví dụ so sánh
25	0,179	0,31	1,48	0,011	0,008	2,25	0,132	0,55	0,069	0,024	0,019	0,0065	0,0007	-	4,78	Ví dụ so sánh
26	0,169	0,06	1,66	0,008	0,015	1,48	0,062	0,14	0,002	0,824	0,015	0,0088	0,0014	-	11,23	Ví dụ so sánh
27	0,132	0,06	1,66	0,008	0,015	1,96	0,059	0,06	0,281	0,065	0,013	0,0051	0,0011	-	7,50	Ví dụ so sánh
28	0,151	0,06	1,66	0,012	0,026	1,34	0,057	0,13	0,054	0,004	0,011	0,0088	0,0009	-	15,32	Ví dụ so sánh
29	0,088	0,06	1,66	0,015	0,026	1,22	0,063	0,09	0,046	2,340	0,014	0,0103	0,0015	-	5,31	Ví dụ so sánh
30	0,118	0,13	1,92	0,016	0,028	1,16	0,164	0,14	0,088	0,030	0,005	0,0059	0,0008	-	28,94	Ví dụ so sánh
31	0,142	0,26	1,95	0,023	0,022	1,39	0,212	0,15	0,076	0,025	0,032	0,0123	0,0011	-	6,02	Ví dụ so sánh
32	0,083	0,02	0,95	0,011	0,025	1,45	0,149	0,012	0,012	0,018	0,008	0,0252	0,0010	-	15,49	Ví dụ so sánh
33	0,050	0,03	1,46	0,010	0,016	1,34	0,101	0,15	0,163	0,350	0,011	0,0123	0,0002	-	6,02	Ví dụ so sánh
34	0,206	0,33	0,81	0,014	0,021	1,15	0,001	0,005	0,001	0,027	0,001	0,0130	-	-	-	Ví dụ thông thường

*) Công thức 1 [C: 0,01 % hoặc lớn hơn và 0,10 % hoặc nhỏ hơn] $(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) =$ từ 0 đến 13,0

[C: lớn hơn 0,10 % và nhỏ hơn 0,20 %] $2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) =$ từ 0 đến 35,0

Bảng 2

Số ID của thép	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	V	Nb	Al	Ti	N	Sb	Thành phần khác	Công thức 1 *)	Loại
35	0,055	0,03	3,00	0,008	0,06	1,28	0,072	0,12	0,065	0,023	0,012	0,0096	0,0056	-	10,2	Ví dụ
36	0,043	0,02	1,85	0,012	0,018	1,25	0,050	0,10	0,049	0,025	0,006	0,0102	0,0040	W: 0,3	10,3	Ví dụ
37	0,145	0,05	1,51	0,010	0,020	2,51	0,103	0,15	0,190	0,031	0,012	0,0088	0,0060	Co: 0,3	12,5	Ví dụ
38	0,102	0,20	1,98	0,015	0,017	1,85	0,123	0,18	0,156	0,028	0,013	0,0065	0,0008	Hf: 0,2, Zr: 0,2	9,1	Ví dụ
39	0,088	0,03	1,86	0,013	0,015	0,68	0,089	0,12	0,210	1,230	0,023	0,0152	0,0070	Pb: 0,1	3,2	Ví dụ
40	0,124	0,75	1,75	0,010	0,016	1,26	0,051	0,15	0,176	0,350	0,009	0,0055	0,0012	Bi: 0,2	11,6	Ví dụ
41	0,045	0,02	1,54	0,012	0,013	2,21	0,062	0,45	0,123	0,045	0,015	0,0122	0,0040	Zn: 0,2	4,1	Ví dụ
42	0,011	0,05	2,98	0,009	0,045	1,89	0,080	0,17	0,034	0,265	0,021	0,0045	0,0009	Sn: 0,2	3,9	Ví dụ
43	0,088	0,02	1,82	0,012	0,024	1,11	0,200	0,03	0,036	0,050	0,006	0,0123	0,0012	-	13,0	Ví dụ
44	0,124	0,55	1,75	0,011	0,025	1,24	0,051	0,18	0,106	0,032	0,008	0,0199	0,0045	-	35,0	Ví dụ
45	0,180	0,05	1,55	0,023	0,018	1,35	0,410	0,15	0,086	0,032	0,015	0,0065	0,0085	-	8,1	Ví dụ so sánh
46	0,045	0,05	1,56	0,008	0,005	1,08	0,050	0,16	0,049	0,026	0,005	0,0030	0,0052	-	3,6	Ví dụ so sánh
47	0,155	0,03	1,78	0,010	0,006	1,62	0,075	0,12	0,150	0,032	0,005	0,0081	0,0034	-	20,3	Ví dụ so sánh
48	0,092	0,04	1,63	0,010	0,015	1,55	0,096	0,05	0,078	0,025	0,026	0,0200	0,0065	-	3,5	Ví dụ so sánh
49	0,045	0,03	1,98	0,018	0,031	1,63	0,060	0,03	0,045	0,050	0,008	0,0171	0,0005	-	13,1	Ví dụ so sánh
50	0,165	0,23	2,31	0,018	0,017	1,35	0,063	0,12	0,120	0,025	0,006	0,0155	0,0126	-	35,1	Ví dụ so sánh
51	0,123	0,12	1,54	0,012	0,013	2,35	0,062	0,36	0,111	0,046	0,015	0,0186	0,0004	-	15,4	Ví dụ so sánh

*) Công thức 1 [C: 0,01 % hoặc lớn hơn và 0,10 % hoặc nhỏ hơn] $(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) =$ từ 0 đến 13,0

[C: lớn hơn 0,10 % và nhỏ hơn 0,20 %] $2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) =$ từ 0 đến 35,0

Mỗi thép đúc được đưa vào để ngâm ở nhiệt độ 1200°C trong thời gian 30 phút và được cán nóng thành bán sản phẩm có mặt cắt ngang hình chữ nhật với các cạnh là 150 mm. Sau đó, mỗi thép đúc được cán nóng dưới các điều kiện bao gồm nhiệt độ làm nóng và nhiệt độ hoàn thành cán, như trên Bảng 3 và Bảng 4, để thu được thanh thép là 60 mm ϕ . Sau đó mỗi thép đúc được làm nguội đến nhiệt độ phòng với tốc độ làm nguội trong khoảng nhiệt độ từ 700°C về 550°C được điều chỉnh như trên các bảng 3 và 4, và được sử dụng làm vật liệu cán nóng. Lưu ý là thép ID 34 là thép tương đương với JIS SCr 420.

Mỗi vật liệu được cán nóng còn được đưa vào rèn nóng dưới các điều kiện được nêu trên bảng 3 và 4 để thu được thanh thép là 30 mm ϕ , mà lần lượt được làm nguội đến nhiệt độ phòng với tốc độ làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ 700°C đến 550°C được điều chỉnh như được thể hiện trên bảng 3 và 4.

Do đó, đối với các vật liệu được rèn nóng thu được, một số mà được cán nóng, khả năng có thể gia công trên máy được đánh giá bằng thử nghiệm gia công trên máy tiện ở biên bên ngoài. Như các mẫu thử, hoặc là các vật liệu được rèn nóng hoặc là các vật liệu được cán nóng ở tình trạng mà trong đó việc rèn nóng không được thực hiện được cắt thành chiều dài là 200 mm. Như công cụ cắt, CSBNR 2020 được sử dụng làm máy uốn gấp và thép công cụ tốc độ cao SNGN 120408 UTi20 được sử dụng đối với đầu đỉnh (cả CSBNR 2020 và SNGN 120408 UTi20 được sản xuất bởi Mitsubishi Materials Corporation). Các điều kiện của thử nghiệm gia công trên máy tiện ở chu vi ngoài như sau: độ sâu cắt 1,0 mm, tốc độ cấp 0,25 mm/vòng, tốc độ cắt 200 m/phút, và không bôi trơn. Đối với mục đánh giá, tuổi thọ của dụng cụ được xác định là thời gian cho đến khi mòn dụng cụ cắt (mòn mặt sau) đạt 0,2 mm.

Ngoài ra, việc quan sát cấu trúc tế vi và đo độ cứng được thực hiện trên các vật liệu được rèn nóng hoặc các vật liệu được cán nóng trong tình

trạng mà trong đó việc rèn nóng không được thực hiện. Trong việc quan sát cấu trúc tế vi, kiểu pha được nhận biết và tỷ lệ diện tích của mỗi pha nhận biết được xác định bằng phương pháp nêu trên.

Trong việc đo độ cứng, độ cứng HV được xác định bằng cách lấy trung bình các kết quả đo độ ứng ở năm vị trí, mỗi vị trí là một phần tư đường kính từ bề mặt của mẫu thử (mà sau đây được coi là phần lõi) với tải trọng thử nghiệm là 2,94 N (300 gf) sử dụng máy đo độ cứng Vickers theo JIS Z 2244.

Về thép số từ 1 đến 33, sau việc đưa vào rèn nóng nêu trên, các mẫu thử còn được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ. Thép ID 1 bao gồm các trường hợp mà việc rèn nóng không được thực hiện, mà trong đó việc xử lý thấm cacbon nitơ vẫn được thực hiện sau khi cán nóng. Mặt khác, về các vật liệu được rèn nóng có Steel ID 34, việc xử lý thấm cacbon được thực hiện để so sánh.

Việc xử lý thấm cacbon nitơ được thực hiện bằng cách làm nóng các mẫu thép đến khoảng nhiệt độ từ 525°C đến 620°C trong môi trường chứa $\text{NH}_3 : \text{N}_2 : \text{CO}_2 = 50 : 45 : 5$ và giữ chúng lại trong thời gian 3,5 giờ.

Mặt khác, việc xử lý thấm cacbon được thực hiện bằng cách thấm cacbon các mẫu thử ở nhiệt độ 930°C trong thời gian 3 giờ, giữ chúng ở nhiệt độ 850°C trong thời gian 40 phút, tôi dầu chúng, và còn ram chúng ở nhiệt độ 170°C trong thời gian 1 giờ.

Do đó các vật liệu thu được bằng cách được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ và xử lý nhiệt thấm cacbon còn được đưa vào việc quan sát cấu trúc tế vi, đo độ cứng, và việc đánh giá tính chất mỗi.

Trong việc quan sát cấu trúc tế vi, trước khi nó xử lý thấm cacbon nitơ, kiểu pha được nhận biết và tỷ lệ diện tích của mỗi pha nhận biết được xác định bằng phương pháp nêu trên.

Trong việc đo độ cứng, việc đo được thực hiện từ độ cứng bề mặt của mỗi vật liệu được xử lý nhiệt nêu trên ở độ sâu 0,05 mm từ bề mặt, và

độ cứng lõi ở phần lõi. Trong việc đo độ cứng bề mặt, độ cứng bề mặt HV và độ cứng lõi HV được xác định bằng các kết quả trung bình tương ứng của việc đo độ cứng ở phần lõi ở sáu vị trí ở tải trọng thử nghiệm là 2,94 N (300 gf) sử dụng máy đo độ cứng Vickers theo JIS Z 2244. Việc đo còn được thực hiện từ độ sâu của lớp làm cứng, mà được định ra là độ sâu từ bề mặt mà ở đó HV là 520 thu được.

Hơn nữa, từ các phần lõi của vật liệu được thấm cacbon nitơ và các vật liệu được thấm cacbon, các mẫu thử được tạo ra bằng đánh bóng bằng điện hai cánh dùng cho việc quan sát kính hiển vi điện tử truyền qua, và các chất kết tủa trên các mẫu thử được quan sát dưới kính hiển vi điện tử truyền qua có điện áp gia tốc là 200 V. Hơn nữa, các thành phần khi các chất kết tủa được quan sát được xác định bằng phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX).

Đối với việc đánh giá đặc tính mỏi, thử nghiệm tạo khoảng dài con lăn được thực hiện, và độ bền mỏi sau khi 10^7 vòng được xác định. Các mẫu thử mỗi được tạo mẫu từ các vật liệu được cán nóng hoặc các vật liệu được rèn nóng như được nêu trên song song với hướng chiều dài. Mỗi mẫu thử có phần song song là 26 mm $\phi \times$ 28 mm dài và phần kẹp là 24 mm ϕ . Mỗi mẫu thử sau đó được đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ. Đối với các mẫu thử đó mà được đánh giá B hoặc C về sự vắng mặt hoặc có mặt của các vết nứt trên bề mặt của thép đúc, các mẫu thử được tạo mẫu từ các vị trí khác với các vết nứt mà xảy ra. Trong mỗi mẫu thử tạo khoảng dài con lăn, bề mặt tiếp xúc cán 26 mm ϕ còn lại là được thấm cacbon nitơ (mà không có sự đánh bóng). Trong thử nghiệm tạo khoảng dài con lăn, tỷ lệ trượt là -40%, dầu chuyển hóa tự động (Mitsubishi ATF SP-III) được sử dụng làm dầu bôi trơn, và nhiệt độ dầu là 80°C. Khi các con lăn lớn, các sản phẩm được tôi thấm cacbon của SCM 420H với sự hoàn thiện R là 150 mm được sử dụng.

Các bảng 3 và 4 có các kết quả của thử nghiệm nêu trên. Các số từ 1-19 và 50-59 là các ví dụ theo sáng chế, các số từ 20-48 từ 60-66 là các ví

dự so sánh, và Số 49 là ví dụ thông thường mà trong đó việc đánh giá thép theo JIS SCr420 được đưa vào xử lý thấm cacbon.

Như là làm rõ từ các bảng 3 và 4, Các ví dụ 1-19 và 50-59 tất cả là ưu việt hơn về độ bền mỏi so với Ví dụ thông thường 49 được đưa vào xử lý thấm cacbon. Các ví dụ 1-19 và 50-59 còn thể hiện khả năng gia công trên máy tốt hơn bằng cách cắt trước khi xử lý thấm cacbon nitơ hơn ví dụ thông thường số 49.

Hơn nữa, kết quả là việc quan sát các chất kết tủa bằng kính hiển vi điện tử truyền qua và các thành phần nghiên cứu của các chất kết tủa bằng phổ tán sắc năng lượng tia X (EDX), được xác nhận là trong các vật liệu được thấm cacbon nitơ của các ví dụ 1-19 và 50-59, ít nhất là 500 trên $1\text{ }\mu\text{m}^2$ các chất kết tủa mịn chứa V và Nb và có kích cỡ hạt là nhỏ hơn 10 nm được tạo ra và được phân tán trong pha bainit. Từ kết quả này, được coi là các vật liệu thấm cacbon nitơ theo sáng chế được thể hiện độ bền mỏi cao do các chất kết tủa mịn.

Ngược lại, đối với các ví dụ so sánh từ 20-48 mà trong đó thành phần hóa học thu được hoặc cấu trúc tế vi của thép thu được nằm ngoài phạm vi sáng chế này, nhiều vết nứt xảy ra trong khi đúc liên tục hoặc độ bền mỏi hoặc khả năng gia công trên máy kém.

Cụ thể, đối với ví dụ số 20, do nhiệt độ làm nóng trong khi cán nóng thép, nên các chất kết tủa không được hòa tan đủ và các đặc tính mỏi là kém. Bên cạnh đó, do tỷ lệ cao của cấu trúc tế vi F + P, khả năng gia công trên máy ằng cách cắt sau khi cán nóng cũng thấp.

Đối với ví dụ số 21, do nhiệt độ hoàn thành của việc cán nóng quá thấp, nên phần bainit của cấu trúc tế vi thép và khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt kém. Ngoài ra, do tỷ lệ cấu trúc tế vi F + P cao, các chất kết tủa mịn không được tạo ra sau khi thấm cacbon nitơ, và do đó các đặc tính mỏi kém.

Đối với các ví dụ số 22 và 23, do tốc độ làm nguội sau khi rèn nóng

thấp, lượng thích hợp của pha bainit không thu được, và chỉ lượng nhỏ của các chất kết tủa mịn được tạo ra nhờ xử lý thấm cacbon nitơ, dẫn đến độ bền không đủ bởi sự kết tủa và độ bền mỗi thấp hơn so với các ví dụ sáng chế. Khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt cũng thấp.

Đối với ví dụ số 24, do nhiệt độ làm nóng của việc rèn nóng thép, nên các chất kết tủa không được hòa tan đủ và các đặc tính mỗi là kém. Bên cạnh đó, do tỷ lệ cao của cấu trúc tế vi F + P, khả năng gia công trên máy bằng cách cắt sau khi cán nóng cũng thấp.

Đối với ví dụ số 25, do nhiệt độ hoàn thành của việc rèn nóng quá thấp, nên phần bainit của cấu trúc tế vi thép và khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt kém. Ngoài ra, do tỷ lệ cấu trúc tế vi F + P cao, các chất kết tủa mịn không được tạo ra sau khi thấm cacbon nitơ, và các đặc tính mỗi kém.

Đối với các ví dụ số 26 và 27, do tốc độ làm nguội sau khi rèn nóng thấp, lượng thích hợp của pha bainit không thu được, và chỉ lượng nhỏ của các chất kết tủa mịn được tạo ra nhờ xử lý thấm cacbon nitơ, dẫn đến độ bền không đủ bởi sự kết tủa và độ bền mỗi thấp hơn so với các ví dụ sáng chế. Khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt cũng thấp.

Đối với ví dụ số 28, do nhiệt độ thấm cacbon nitơ thấp, nên độ sâu của lớp làm cứng nhỏ và độ bền mỗi kém.

Đối với ví dụ số 29, do nhiệt độ xử lý thấm cacbon nitơ cao, nên việc thấm cacbon nitơ không đủ, mà cũng không đủ sự kết tủa của các chất kết tủa mịn. Do đó, độ bền mỗi thấp.

Đối với ví dụ số 30, do hàm lượng C vượt quá khoảng thích hợp, nên vật liệu được rèn nóng tăng lên về độ cứng trước khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ, và giảm xuống về khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt.

Đối với ví dụ số 31, do hàm lượng Si vượt quá khoảng thích hợp, nên vật liệu được rèn nóng tăng lên về độ cứng trước khi đưa vào xử lý thấm

cacbon nitơ, và giảm xuống về khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt.

Về ví dụ số 32, do hàm lượng Mn nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên các pha ferit và pearlit có ưu thế hơn về cấu trúc tế vi của thép của vật liệu được rèn nóng trước khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ. Do đó, các chất kết tủa V và Nb được tạo ra trong cấu trúc tế vi, độ cứng trước khi xử lý thấm cacbon nitơ tăng lên, và khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt giảm xuống.

Đối với ví dụ số 33, do hàm lượng Mn vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục. Ngoài ra, pha martensit được tạo ra trước khi xử lý thấm cacbon nitơ, và khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt thấp.

Đối với ví dụ số 34, do hàm lượng P vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục. Do đó, độ bền mỏi cũng thấp.

Đối với ví dụ số 35, do hàm lượng S vượt quá khoảng thích hợp và trị số ở phía trái của Công thức (1) nêu trên ngoài phạm vi sáng chế, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 36, do hàm lượng Cr nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên các pha ferit và pearlit có ưu thế hơn về cấu trúc tế vi của thép của vật liệu được rèn nóng trước khi đưa vào xử lý thấm cacbon nitơ. Do đó, các chất kết tủa V và Nb thô được tạo ra trong cấu trúc tế vi, độ cứng trước khi xử lý thấm cacbon nitơ tăng lên, và độ bền mỏi giảm xuống.

Đối với ví dụ số 37, do hàm lượng Cr vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục. Ngoài ra, do độ cứng sau khi rèn nóng cao, nên khả năng có thể gia công trên máy bằng cách cắt kém.

Đối với ví dụ số 38, do hàm lượng Mo nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên khả năng tôi cứng giảm xuống và sự hình thành của pha bainit không

đủ. Việc này dẫn đến lượng nhỏ của các chất kết tủa mịn được tạo ra sau khi xử lý thấm cacbon nitơ và độ cứng lõi không đủ. Do đó, độ bền mỏi nhỏ hơn khi so với Ví dụ thông thường số 49.

Đối với ví dụ số 39, do hàm lượng V nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên chỉ lượng nhỏ của các chất kết tủa mịn được tạo ra nhờ việc xử lý thấm cacbon nitơ, và độ cứng lõi đủ không được tạo ra. Do đó, độ bền mỏi nhỏ hơn khi so với Ví dụ thông thường số 49.

Đối với ví dụ số 40, do hàm lượng V vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Về ví dụ số 41, do hàm lượng Nb nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên chỉ lượng nhỏ của các chất kết tủa mịn được tạo ra nhờ việc xử lý thấm cacbon nitơ, và độ cứng lõi đủ không được tạo ra. Do đó, độ bền mỏi nhỏ hơn khi so với Ví dụ thông thường số 49.

Đối với ví dụ số 42, hàm lượng Nb vượt quá khoảng thích hợp, và nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 43, do hàm lượng Al nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên không đủ độ bền bề mặt mà cũng không thu được độ sâu của vỏ được làm cứng hữu hiệu sau khi xử lý thấm cacbon nitơ, và độ bền mỏi thấp hơn của Ví dụ thông thường số 49.

Đối với ví dụ số 44, do hàm lượng Al vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 45, hàm lượng Ti không đáp ứng khoảng thích hợp, nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 46, do hàm lượng Ti khoảng thích hợp, nên độ bền mỏi thấp.

Đối với ví dụ số 47, do hàm lượng N vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 48, do hàm lượng Sb vượt quá khoảng thích hợp,

nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 60, do hàm lượng Mo vượt quá khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 61 và 62, do hàm lượng Ti nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 63, do hàm lượng Ti khoảng thích hợp, nên độ bền mỏi thấp.

Đối với ví dụ số 64, do trị số trên phía trái của Công thức (1) nêu trên vượt quá 13,0, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 65, do trị số trên phía trái của Công thức (1) nêu trên vượt quá 35,0, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Đối với ví dụ số 66, do hàm lượng Sb nhỏ hơn khoảng thích hợp, nên nhiều vết nứt xảy ra trong quá trình đúc liên tục.

Bảng 3

Số thứ tự	Số ID của thép	Các điều kiện cán nóng			Các điều kiện rèn nóng			Các đặc tính của thép (trước khi xử lý thấm cacbon nito)				Các đặc tính của thép (sau khi xử lý thấm cacbon nito)						Chú thích		
		Nhiệt độ làm nguội cho quá trình cán nóng (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi cán nóng (°C/s)	Nhiệt độ làm nguội cho quá trình rèn nóng (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi rèn nóng (°C/s)	Độ cứng lõi HV	Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Tuổi thọ của dụng cụ (s)	Nhiệt độ xử lý thấm cacbon nito (°C)	Độ cứng bề mặt HV	Độ sâu của lớp làm cứng (mm)	Độ cứng lõi HV	Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Độ bền mỏi (MPa)				
1	1	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	253	B chiếm chủ yếu	92	630	575	816	0,17	263	B chiếm chủ yếu	93	2550	Ví dụ
2	2	A	1150	970	0,7	1200	1100	0,8	301	B chiếm chủ yếu	98	510	580	813	0,16	312	B chiếm chủ yếu	98	2600	Ví dụ
3	3	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	317	B chiếm chủ yếu	97	471	600	826	0,20	326	B chiếm chủ yếu	97	2650	Ví dụ
4	4	A	1150	970	0,7	1200	1100	0,8	282	B chiếm chủ yếu	95	559	590	831	0,21	302	B chiếm chủ yếu	92	2600	Ví dụ
5	5	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,7	280	B chiếm chủ yếu	96	563	595	823	0,20	298	B chiếm chủ yếu	96	2650	Ví dụ
6	6	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	285	B chiếm chủ yếu	98	550	580	815	0,18	301	B chiếm chủ yếu	97	2600	Ví dụ
7	7	B	1150	970	0,6	1200	1100	0,8	279	B chiếm chủ yếu	94	564	575	819	0,19	304	B chiếm chủ yếu	95	2650	Ví dụ
8	8	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	284	B chiếm chủ yếu	96	552	570	817	0,16	305	B chiếm chủ yếu	94	2600	Ví dụ
9	9	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,5	252	B chiếm chủ yếu	55	632	570	820	0,15	256	B chiếm chủ yếu	53	2550	Ví dụ
10	10	A	1150	970	0,5	1200	1100	0,8	291	B chiếm chủ yếu	93	534	570	823	0,18	310	B chiếm chủ yếu	95	2900	Ví dụ
11	11	A	1050	900	0,8	1200	1100	0,6	281	B chiếm chủ yếu	60	561	570	843	0,20	299	B chiếm chủ yếu	57	2550	Ví dụ
12	12	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	277	B chiếm chủ yếu	97	570	570	826	0,19	288	B chiếm chủ yếu	99	2550	Ví dụ
13	13	B	1050	910	0,8	1200	1100	0,5	290	B chiếm chủ yếu	96	538	570	821	0,17	306	B chiếm chủ yếu	98	2600	Ví dụ
14	14	A	1080	920	0,8	1200	1100	0,8	275	B chiếm chủ yếu	80	575	570	812	0,18	295	B chiếm chủ yếu	78	2850	Ví dụ
15	1	A	1150	970	0,8	960	840	0,8	249	B chiếm chủ yếu	88	640	570	823	0,23	260	B chiếm chủ yếu	84	2750	Ví dụ
16	1	A	1150	970	0,8	1250	1050	0,8	256	B chiếm chủ yếu	96	623	570	819	0,22	263	B chiếm chủ yếu	93	2650	Ví dụ
17	1	A	1150	970	0,8	-	-	-	252	B chiếm chủ yếu	96	632	560	825	0,23	269	B chiếm chủ yếu	95	2500	Ví dụ
18	1	A	960	810	0,8	-	-	-	239	B chiếm chủ yếu	87	665	570	823	0,21	251	B chiếm chủ yếu	84	2550	Ví dụ
19	1	A	1250	1050	0,8	-	-	-	233	B chiếm chủ yếu	75	680	570	805	0,18	249	B chiếm chủ yếu	74	2500	Ví dụ
20	1	A	930	815	0,8	-	-	-	189	F + P + B	42	405	570	786	0,19	223	F + P + B	40	1950	Ví dụ so sánh
21	1	A	1150	750	0,8	-	-	-	222	F + P + B	24	309	570	789	0,18	205	F + P + B	22	2150	Ví dụ so sánh
22	1	A	1150	970	0,3	-	-	-	210	F + P + B	38	186	570	796	0,18	208	F + P + B	35	2050	Ví dụ so sánh
23	1	A	1150	970	0,4	-	-	-	215	F + P + B	45	213	570	803	0,19	216	F + P + B	42	2100	Ví dụ so sánh
24	1	A	1150	970	0,8	900	1100	0,8	195	F + P + B	45	299	570	650	0,14	278	F + P + B	40	2050	Ví dụ so sánh
25	1	A	1150	970	0,8	1200	750	0,8	256	F + P + B	24	126	570	812	0,26	401	F + P + B	22	2000	Ví dụ so sánh

*1 Các trị số được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

*2 Các ký hiệu có Cấu trúc tế vi là các pha sau đây: F: ferrit, P: pearlit, B: bainit, M: martensit

*3 Việc xử lý thấm cacbon được thực hiện.

*4 Tiêu chí để đánh giá các vết nứt trên bề mặt của thép đúc: A: không nứt, B: 1-4 vết nứt/m², và C: 5 vết nứt hoặc nhiều hơn/m².

Bảng 3 (tiếp)

Số thứ tự	Số ID của thép	Các điều kiện cán nóng			Các điều kiện rèn nóng			Các đặc tính của thép (trước khi xử lý thấm cacbon nitơ)				Nhiệt độ xử lý thấm cacbon nitơ (°C)	Các đặc tính của thép (sau khi xử lý thấm cacbon nitơ)					Chú thích		
		Nhiệt độ làm nóng dùng cho quá trình cán nóng (°C)	Nhiệt độ hoàn thành cán nóng (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi cán nóng (°C/s)	Độ cứng lõi HV	Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Tuổi tho của dụng cụ (s)	Độ sâu của lớp làm cứng (mm)	Độ cứng bề mặt HV	Độ cứng lõi HV		Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Độ bền mỏi (MPa)					
26	1	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,3	220	F + P + B	41	133	570	788	0,22	202	F + P + B	36	2100	Ví dụ so sánh
27	1	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,4	231	F + P + B	48	136	570	801	0,19	215	F + P + B	42	1950	Ví dụ so sánh
28	1	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	253	B chiếm chủ yếu	92	630	400	602	0,05	222	B chiếm chủ yếu	91	2050	Ví dụ so sánh
29	1	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	253	B chiếm chủ yếu	92	630	710	599	0,08	213	B chiếm chủ yếu	89	2050	Ví dụ so sánh
30	15	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	389	B chiếm chủ yếu	95	126	570	812	0,26	401	B chiếm chủ yếu	94	2400	Ví dụ so sánh
31	16	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	356	B chiếm chủ yếu	85	374	570	825	0,23	345	B chiếm chủ yếu	84	2650	Ví dụ so sánh
32	17	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	321	F + P	32	133	570	788	0,18	371	F + P	32	2650	Ví dụ so sánh
33	18	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	363	B chiếm chủ yếu	96	224	570	803	0,25	370	B chiếm chủ yếu	94	2400	Ví dụ so sánh
34	19	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	298	B chiếm chủ yếu	96	517	570	805	0,19	316	B chiếm chủ yếu	94	1900	Ví dụ so sánh
35	20	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	281	B chiếm chủ yếu	95	561	570	814	0,20	301	B chiếm chủ yếu	96	2550	Ví dụ so sánh
36	21	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	285	F + P + B	23	169	570	794	0,10	262	F + P + B	19	2150	Ví dụ so sánh
37	22	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	401	M + B	56	122	570	825	0,29	398	M + B đã ram	39	2650	Ví dụ so sánh
38	23	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	202	F + P + B	18	162	570	792	0,09	211	F + P + B	18	2000	Ví dụ so sánh
39	24	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	191	B chiếm chủ yếu	96	510	570	816	0,08	178	B chiếm chủ yếu	94	2100	Ví dụ so sánh
40	25	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	320	B chiếm chủ yếu	97	312	570	810	0,18	326	B chiếm chủ yếu	95	2050	Ví dụ so sánh
41	26	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	223	B chiếm chủ yếu	95	505	570	808	0,17	222	B chiếm chủ yếu	97	2100	Ví dụ so sánh
42	27	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	280	B chiếm chủ yếu	96	493	570	810	0,18	295	B chiếm chủ yếu	96	2050	Ví dụ so sánh
43	28	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	307	B chiếm chủ yếu	94	495	570	702	0,07	321	B chiếm chủ yếu	95	1950	Ví dụ so sánh
44	29	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	292	B chiếm chủ yếu	87	533	570	845	0,29	324	B chiếm chủ yếu	94	2650	Ví dụ so sánh
45	30	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	299	B chiếm chủ yếu	91	515	570	815	0,18	319	B chiếm chủ yếu	93	2200	Ví dụ so sánh
46	31	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	306	B chiếm chủ yếu	94	498	570	804	0,14	275	B chiếm chủ yếu	95	2050	Ví dụ so sánh
47	32	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	285	B chiếm chủ yếu	93	551	570	810	0,15	270	B chiếm chủ yếu	94	2150	Ví dụ so sánh
48	33	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	278	B chiếm chủ yếu	90	568	570	816	0,17	272	B chiếm chủ yếu	94	2300	Ví dụ so sánh
49	34	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	220	F + P	75	265	-*3	730	1,02	344	M + B đã ram	48	2400	Ví dụ thông thường

*1 Các trị số được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

*2 Các ký hiệu có Cấu trúc tế vi là các pha sau đây: F: ferrit, P: pearlit, B: bainit, M: martensit

*3 Việc xử lý thấm cacbon được thực hiện.

*4 Tiêu chí để đánh giá các vết nứt trên bề mặt của thép đúc: A: không nứt, B: 1-4 vết nứt/m², và C: 5 vết nứt hoặc nhiều hơn/m².

Bảng 4

Số thứ tự	Số ID của thép	Các điều kiện cán nóng				Các điều kiện rèn nóng				Các đặc tính của thép (trước khi xử lý thấm cacbon nito)				Các đặc tính của thép (sau khi xử lý thấm cacbon nito)						Chú thích
		Các vết nứt trên bề mặt của sản phẩm*4	Nhiệt độ làm nóng dùng cho quá trình cán nóng (°C)	Nhiệt độ hoàn thành cán nóng (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi cán nóng (°C/giây)	Tốc độ làm nguội dùng cho quá trình rèn (°C)	Nhiệt độ hoàn thành rèn nóng (°C)	Tốc độ làm nguội sau khi rèn nóng (°C/giây)	Độ cứng lõi HV	Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Tuổi thọ của dụng cụ (giờ)	Nhiệt độ xử lý thấm cacbon nito (°C)	Độ cứng bề mặt HV	Độ sâu của lớp làm cứng (mm)	Độ cứng lõi HV	Cấu trúc tế vi của thép	Tỷ lệ diện tích của pha bainit (%)	Độ bền mỏi (MPa)	
50	35	B	1150	970	0,6	1200	1100	0,7	262	B chiếm ưu thế	92	1003	570	820	0,16	302	B chiếm ưu thế	91	2550	Ví dụ
51	36	A	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	296	B chiếm ưu thế	95	625	590	834	0,15	356	B chiếm ưu thế	99	2950	Ví dụ
52	37	A	1150	970	0,7	1200	1100	0,8	363	B chiếm ưu thế	100	483	595	815	0,21	370	B chiếm ưu thế	96	3000	Ví dụ
53	38	A	1150	970	0,5	1200	1100	0,5	335	B chiếm ưu thế	92	543	585	812	0,20	299	B chiếm ưu thế	90	2850	Ví dụ
54	39	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	280	B chiếm ưu thế	96	1205	570	800	0,19	350	B chiếm ưu thế	95	2500	Ví dụ
55	40	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	301	B chiếm ưu thế	98	1360	565	811	0,17	265	B chiếm ưu thế	98	2450	Ví dụ
56	41	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,6	256	B chiếm ưu thế	97	1230	570	825	0,18	280	B chiếm ưu thế	96	2500	Ví dụ
57	42	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	237	B chiếm ưu thế	95	750	570	821	0,20	257	B chiếm ưu thế	97	2550	Ví dụ
58	43	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	280	B chiếm ưu thế	95	657	570	815	0,18	301	B chiếm ưu thế	95	2500	Ví dụ
59	44	B	1150	970	0,7	1200	1100	0,7	301	B chiếm ưu thế	94	614	600	810	0,19	230	B chiếm ưu thế	93	2550	Ví dụ
60	45	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	333	B chiếm ưu thế	100	547	570	823	0,18	342	B chiếm ưu thế	99	2450	Ví dụ so sánh
61	46	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	256	B chiếm ưu thế	94	709	570	805	0,17	272	B chiếm ưu thế	92	2400	Ví dụ so sánh
62	47	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	319	B chiếm ưu thế	93	577	570	811	0,19	302	B chiếm ưu thế	91	2450	Ví dụ so sánh
63	48	B	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	283	B chiếm ưu thế	95	652	570	822	0,16	274	B chiếm ưu thế	96	1950	Ví dụ so sánh
64	49	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	256	B chiếm ưu thế	95	709	570	812	0,18	280	B chiếm ưu thế	95	2400	Ví dụ so sánh
65	50	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	324	B chiếm ưu thế	96	565	570	816	0,16	341	B chiếm ưu thế	93	2450	Ví dụ so sánh
66	51	C	1150	970	0,8	1200	1100	0,8	300	B chiếm ưu thế	96	615	570	817	0,16	332	B chiếm ưu thế	94	2500	Ví dụ so sánh

*1 Các trị số được gạch chân nằm ngoài phạm vi của sáng chế.
*2 Các ký hiệu có Cấu trúc tế vi của thép là các pha sau đây: F: ferrit, P: pearlit, B: bainit, M: martensit
*3 Việc xử lý thấm cacbon được thực hiện.
*4 Tiêu chí để đánh giá các vết nứt trên bề mặt của thép đúc: A: không nứt, B: 1-4 vết nứt/m², và C: 5 vết nứt hoặc nhiều hơn/m².

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ bao gồm:

thành phần hóa học mà chứa, % theo khối lượng,

C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%,

Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,02% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,06% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn,

V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn,

Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,

Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%,

N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, và

Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn,

và tùy ý một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao

gồm:

B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn,

Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn,

Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn.

W: 0,3% hoặc nhỏ hơn,

Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn,

Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn,

Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn,

Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn,

Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và

Sn: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, với thành phần hóa học thỏa mãn một trong số các hệ thức sau đây:

trong trường hợp mà hàm lượng C bằng 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

$$(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) \leq 13,0, \text{ và}$$

trong trường hợp mà hàm lượng C là lớn hơn 0,10% và nhỏ hơn 0,20%,

$$2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) \leq 35,0; \text{ và}$$

cấu trúc tế vi của thép mà chứa pha bainit theo tỷ lệ diện tích là lớn hơn 50%.

2. Hợp phần bao gồm:

phần lõi bao gồm thành phần hóa học và cấu trúc tế vi của thép được nêu theo điểm 1; và

phần lớp bề mặt trong đó cả hàm lượng nitơ và hàm lượng cacbon ở lớp bề mặt là cao so với hàm lượng của phần lõi.

3. Hợp phần theo điểm 2, trong đó các chất kết tủa chứa V và Nb được phân tán vào pha bainit.

4. Phương pháp sản xuất thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ, phương pháp này bao gồm các bước:

đưa thép vào gia công nóng có nhiệt độ làm nóng là 950°C hoặc cao hơn và nhiệt độ hoàn thành là 800°C hoặc cao hơn và lên đến 1100°C, thép bao gồm thành phần hóa học mà chứa, % theo khối lượng,

C: 0,01% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,20%,

Si: 1,0% hoặc nhỏ hơn,

Mn: 1,5% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,

P: 0,02% hoặc nhỏ hơn,

S: 0,06% hoặc nhỏ hơn,

Cr: 0,30% hoặc lớn hơn và 3,0% hoặc nhỏ hơn,
 Mo: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,40% hoặc nhỏ hơn,
 V: 0,02% hoặc lớn hơn và 0,5% hoặc nhỏ hơn,
 Nb: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,20% hoặc nhỏ hơn,
 Al: 0,010% hoặc lớn hơn và 2,0% hoặc nhỏ hơn,
 Ti: lớn hơn 0,005% và nhỏ hơn 0,025%,
 N: 0,0200% hoặc nhỏ hơn, và
 Sb: 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,02% hoặc nhỏ hơn,
 và tùy ý một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm:

B: 0,0100% hoặc nhỏ hơn,
 Cu: 0,3% hoặc nhỏ hơn,
 Ni: 0,3% hoặc nhỏ hơn.
 W: 0,3% hoặc nhỏ hơn,
 Co: 0,3% hoặc nhỏ hơn,
 Hf: 0,2% hoặc nhỏ hơn,
 Zr: 0,2% hoặc nhỏ hơn.
 Pb: 0,2% hoặc nhỏ hơn,
 Bi: 0,2% hoặc nhỏ hơn,
 Zn: 0,2% hoặc nhỏ hơn, và
 Sn: 0,2% hoặc nhỏ hơn.

và phần còn lại là Fe và các tạp chất ngẫu nhiên, với thành phần hóa học thỏa mãn một trong số các hệ thức sau đây:

trong trường hợp mà hàm lượng C bằng 0,01% hoặc lớn hơn và 0,10% hoặc nhỏ hơn,

$$(S/32)/(Ti/48) + (N/14)/(Ti/48) \leq 13,0, \text{ và}$$

trong trường hợp mà hàm lượng C là lớn hơn 0,10% và nhỏ hơn 0,20%,

$$2(S/32)/(Ti/48) + 3(N/14)/(Ti/48) \leq 35,0; \text{ và}$$

sau đó làm nguội thép ở tốc độ làm nguội cao hơn 0,4°C/giây và lên đến 200°C/giây ít nhất nằm trong phạm vi nhiệt độ từ 700°C đến 550°C.

5. Phương pháp sản xuất hợp phần, phương pháp này bao gồm các bước:

bước xử lý thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ có thể thu được bằng phương pháp được nêu theo điểm 4 thành hình dạng mong muốn; và

sau đó đưa thép dùng cho quá trình thấm cacbon nitơ vào xử lý thấm cacbon nitơ ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 550°C đến 700°C trong thời gian 10 phút hoặc lâu hơn.

FIG. 1