



(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)



1-0035943

(51)¹⁹ C22C 38/00; C21D 9/46; C22C 38/60; (13) B
C22C 38/14; C22C 38/58; C21D 1/06

(21) 1-2019-02115

(22) 30/08/2018

(86) PCT/JP2018/032112 30/08/2018

(87) WO 2019/044971 A1 07/03/2019

(30) 2017-167206 31/08/2017 JP

(45) 26/06/2023 423

(43) 25/07/2019 376A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) HASHIMOTO, Motonori (JP); HIKIDA, Kazuo (JP); TODA, Yuri (JP).

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

(54) TẤM THÉP ĐỂ THẨM CACBON VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP ĐỂ THẨM CACBON

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép để thẩm cacbon có tính dẻo được cải thiện, và phương pháp sản xuất tấm thép để thẩm cacbon này. Tấm thép chứa, theo % khối lượng C: lớn hơn hoặc bằng 0,02%, và nhỏ hơn 0,30%, Si: lớn hơn hoặc bằng 0,005%, và nhỏ hơn 0,5%, Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,01%, và nhỏ hơn 3,0%, P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, Al hòa tan: lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, N: lớn hơn hoặc bằng 0,2%, Ti: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, và phần còn lại: Fe và các tạp chất, trong đó số lượng carbua trên mỗi 1000 μm^2 là nhỏ hơn hoặc bằng 100, tỷ lệ phần trăm của số lượng các carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 là lớn hơn hoặc bằng 10% so với tổng số carbua, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua là nhỏ hơn hoặc bằng 5,0 μm , và kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit là nhỏ hơn hoặc bằng 10 μm .

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép để thấm cacbon, và phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các bộ phận cơ khí và kết cấu như bánh răng tự động, đĩa ly hợp và bộ giảm chấn được yêu cầu là phải có độ bền cao, và ngoài ra, có thể được sản xuất với chi phí thấp. Các bộ phận này đã được sản xuất rộng rãi bằng cách cắt và thấm cacbon có sử dụng vật liệu rèn nóng. Tuy nhiên, để đáp ứng nhu cầu ngày càng tăng về việc giảm chi phí, đã được phát triển là các công nghệ trong đó tấm thép cán nóng hoặc tấm thép cán nguội, dùng làm vật liệu ban đầu, được gia công nguội thành hình dạng của các bộ phận, tiếp theo là thấm cacbon.

Tấm thép, dự định để được sử dụng trong các công nghệ này, cần phải thỏa mãn cả khả năng gia công nguội và khả năng tôi cứng sau khi xử lý nhiệt thấm cacbon. Được chấp nhận rộng rãi rằng, để cải thiện khả năng tôi cứng, độ bền kéo của tấm thép để thấm cacbon càng lớn càng tốt. Tuy nhiên, khả năng gia công nguội giảm xuống khi độ bền của tấm thép tăng lên. Do đó cần có các công nghệ để làm cân bằng các đặc tính trái ngược này.

Ở bước gia công nguội, các vật liệu được đột dập, sau đó uốn, vuốt hoặc đưa đi nong rộng lỗ hoặc quá trình tương tự, để được tạo hình thành các bộ phận. Việc tạo hình thành các bộ phận có hình dạng phức tạp, như chi tiết giảm chấn dùng cho bộ biến đổi mômen, được tiến hành bằng cách phối hợp các phương thức biến dạng khác nhau. Do đó, khả năng gia công nguội có thể được cải thiện bằng phương pháp có thể cải thiện khả năng uốn mép kéo dài như khả năng uốn cong và khả năng nong rộng lỗ, hoặc phương pháp có thể cải thiện một cách rõ ràng tính dẻo của tấm thép. Từ các quan điểm này, nhiều công nghệ khác nhau đã được đề xuất trong những năm gần đây.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 nêu dưới đây đề xuất công nghệ để tạo hình cấu trúc của tấm thép cán nóng chứa ferit và peclit, và sau đó cầu hóa carbua bằng cách ủ cầu hóa.

Trong lúc đó, tài liệu sáng chế 2 nêu dưới đây đề xuất công nghệ để cải thiện các đặc tính va đập của bộ phận đã thấm cacbon, bằng cách kiểm soát kích thước hạt của carbua, cũng như kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua ở biên giới hạt tinh thể ferit so với số lượng carbua bên trong hạt ferit và bằng cách kiểm soát thêm nữa kích thước tinh thể của nền ferit.

Hơn nữa, tài liệu sáng chế 3 nêu dưới đây đề xuất công nghệ để cải thiện khả năng gia công nguội, bằng cách kiểm soát kích thước hạt và tỷ số hình dáng của carbua, cũng như kiểm soát kích thước tinh thể của nền ferit và kiểm soát thêm nữa tỷ số hình dáng của ferit.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: bằng sáng chế Nhật bản số JP 3094856B.

Tài liệu sáng chế 2: công bố đơn quốc tế số WO 2016/190370

Tài liệu sáng chế 3: công bố đơn quốc tế số WO 2016/148037

Vấn đề kỹ thuật

Các bộ phận cơ khí và kết cấu nêu trên cần phải có thể tôi cứng được để gia tăng độ bền. Nói theo cách khác, để có thể tạo hình nguội các chi tiết có hình dáng phức tạp, cần phải đạt được khả năng tạo hình, trong lúc đó giữ được khả năng tôi cứng.

Việc kiểm soát cấu trúc tế vi nêu trên được đề xuất trong tài liệu sáng chế 1, chủ yếu dựa vào việc kiểm soát hình thái của carbua, tuy nhiên chỉ có thể tạo ra tấm thép có tính dẻo kém, có thể rất khó được gia công thành các bộ phận có hình dạng phức tạp. Trong lúc đó, phương pháp sản xuất được đề xuất trong tài liệu sáng chế 2, chủ yếu dựa vào việc kiểm soát cấu trúc tế vi của carbua và ferit, có thể cải thiện khả năng tạo hình của tấm thép thu được, nhưng có thể khó thỏa mãn mức yêu cầu về tính dẻo thích hợp để gia công thành các bộ phận có hình dáng phức tạp. Hơn nữa, phương pháp được đề xuất trong tài liệu sáng chế 3 có thể cải thiện khả năng tạo hình của tấm thép thu được, nhưng lại có thể khó thỏa mãn mức yêu cầu về tính dẻo thích hợp để gia công thành các bộ phận có hình dáng phức tạp. Như được mô tả ở trên, đối với các công nghệ đã được đề xuất, khó gia tăng tính dẻo của tấm thép để thấm cacbon, và

điều này hạn chế tấm thép có khả năng tôi cứng cao cần được dùng cho các chi tiết có hình dáng phức tạp, đặc biệt là với chi tiết giảm chấn của bộ biến đổi mômen.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế được thực hiện khi xem xét đến các vấn đề nêu trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép để thấm cacbon có tính dẻo được cải thiện và phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon này.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu rộng rãi các phương pháp để giải quyết các vấn đề nêu trên, và do đó tiếp cận ý tưởng là có thể thu được tấm thép để thấm cacbon có tính dẻo được cải thiện, trong lúc đó duy trì được khả năng tôi cứng, bằng cách giảm mật độ số lượng carbua được tạo ra trong tấm thép, và bằng cách micron hóa các hạt tinh thể ferit trong tấm thép như sẽ được mô tả chi tiết sau đây, và đạt được sáng chế.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế đã được tiếp cận dựa trên ý tưởng như vậy là như sau.

[1]. Tấm thép để thấm cacbon chứa, theo % khối lượng,

C: lớn hơn hoặc bằng 0,02%, và nhỏ hơn 0,30%,

Si: lớn hơn hoặc bằng 0,005%, và nhỏ hơn 0,5%,

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn 3,0%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%,

Al hòa tan (sol. Al): lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%,

Ti: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, và

phần còn lại: Fe và các tạp chất,

trong đó số lượng carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ là nhỏ hơn hoặc bằng 100,

tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 là lớn hơn hoặc bằng 10% so với tổng số carbua,

đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua là nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$, và

kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit là nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$,

[2]. Tấm thép để thấm cacbon theo mục [1], còn chứa, thay cho một phần của phần còn lại Fe, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số, theo % khối lượng,

Cr: lớn hơn hoặc bằng $0,005\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $3,0\%$,

Mo: lớn hơn hoặc bằng $0,005\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\%$,

Ni: lớn hơn hoặc bằng $0,010\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $3,0\%$,

Cu: lớn hơn hoặc bằng $0,001\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $2,0\%$,

Co: lớn hơn hoặc bằng $0,001\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $2,0\%$,

Nb: lớn hơn hoặc bằng $0,010\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,150\%$,

V: lớn hơn hoặc bằng $0,0005\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\%$, và

B: lớn hơn hoặc bằng $0,0005\%$ và nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\%$,

[3]. Tấm thép để thấm cacbon theo mục [1] hoặc [2], còn chứa, thay cho một phần của phần còn lại Fe, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số, theo % khối lượng,

S: nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\%$,

W: nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\%$,

Ca: nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\%$, và

REM: nhỏ hơn hoặc bằng $0,3\%$.

[4]. Phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3], phương pháp này bao gồm:

bước cán nóng, trong đó vật liệu thép có thành phần hóa học theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [3] được gia nhiệt, bước cán tinh nóng được kết thúc ở khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 800°C và thấp hơn 920°C , tiếp đó làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của bước cán tinh nóng xuống đến nhiệt độ dừng làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $50^\circ\text{C}/\text{giây}$ và thấp hơn hoặc bằng $250^\circ\text{C}/\text{giây}$, và bằng cách cuộn ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 700°C ; và

bước ủ thứ nhất, trong đó tấm thép thu được nhờ bước cán nóng, hoặc, tấm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng được gia nhiệt trong môi trường khí ủ có nồng độ nitơ được kiểm soát đến thấp hơn 25% theo phần thể tích, ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (1) dưới đây, và giữ ở khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ;

bước ủ thứ hai, trong đó tấm thép sau khi trải qua bước ủ thứ nhất được gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (1) dưới đây đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , và giữ ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ; và

bước làm nguội bao gồm làm nguội tấm thép sau khi được ủ ở bước ủ thứ hai, ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của quá trình ủ ở bước ủ thứ hai xuống đến 550°C .

[5]. Phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon theo mục [4], còn bao gồm, giữa bước cán nóng và bước ủ thứ nhất:

bước giữ tấm thép thu được từ bước cán nóng, trong khoảng không gian của môi trường khí, ở nhiệt độ từ cao hơn hoặc bằng 40°C và thấp hơn hoặc bằng 70°C , trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 72 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 350 giờ.

$$A_{c1} = 750,8 - 26,6[C] + 17,6[Si] - 11,6[Mn] - 22,9[Cu] - 23[Ni] + 24,1[Cr] + 22,5[Mo] - 39,7[V] - 5,7[Ti] + 232,4[Nb] - 169,4[Al] - 894,7[B]$$

... Công thức (1)

Trong công thức (1) nêu trên, ký hiệu $[X]$ là hàm lượng của nguyên tố X (theo % khối lượng), được thay thế bằng 0 nếu nguyên tố X này không có mặt.

Hiệu quả có lợi của sáng chế

Như đã giải thích ở trên, theo sáng chế, giờ đây có thể cung cấp tấm thép để thấm cacbon có khả năng tôi cứng, khả năng tạo hình và tính dẻo tốt hơn nữa.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các phương án được ưu tiên của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Các chi tiết của quá trình nghiên cứu được thực hiện bởi các tác giả sáng chế và ý tưởng đã tiếp cận

Trước khi mô tả về tấm thép để thấm cacbon và phương pháp sản xuất tấm thép này theo sáng chế, quá trình nghiên cứu được thực hiện bởi các tác giả sáng chế, nhằm mục đích giải quyết các vấn đề nêu trên, sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Trong quá trình nghiên cứu, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu phương pháp để cải thiện tính dẻo.

Tính dẻo là đặc tính liên quan đến độ giãn đều và độ giãn cục bộ. Trong số hai quan điểm nêu trên về tính dẻo, nhiều công nghệ để cải thiện chủ yếu độ giãn đều đã được đề xuất. Để tạo hình các chi tiết có hình dáng phức tạp, tuy nhiên, quan trọng là cải thiện không chỉ độ giãn đều, mà còn đồng thời cả độ giãn cục bộ. Các tiếp cận với việc kiểm soát cấu trúc tế vi để cải thiện là khác nhau giữa độ giãn đều và độ giãn cục bộ. Các tác giả sáng chế sau đó đã thực hiện các nghiên cứu rộng rãi về các phương pháp để kiểm soát cấu trúc có thể cải thiện đồng thời cả hai loại độ giãn này, và do đó đã tiếp cận ý tưởng rằng việc làm giảm mật độ số lượng của carbua, cũng như micron hóa hạt tinh thể ferit nhờ việc đưa Ti vào, có tác dụng cải thiện cả độ giãn đều và độ giãn cục bộ.

Các tiếp cận trước đó để cải thiện độ giãn đều tập trung vào việc cải thiện khả năng gia công, bao gồm các công nghệ được đề xuất trong các tài liệu sáng chế từ 1 đến 3 nêu trên, đã không cố tình sử dụng Ti sẽ được đưa vào, có khả năng lớn trong việc micron hóa hạt, vì hạt ferit càng lớn thì càng tốt. Sáng chế có đặc điểm là bước ủ có hai giai đoạn được sử dụng trong quy trình sản xuất tấm thép để thấm cacbon theo sáng chế, như được giải thích sau đây. Bây giờ đề cập đến trường hợp không chứa lượng Ti đã xác định trước dưới dạng một thành phần của tấm thép, các hạt sẽ ngày càng thô hơn qua bước ủ hai giai đoạn, do đó độ giãn cục bộ, bên cạnh tính dẻo, chắc chắn bị suy giảm. Tuy nhiên, sau các nghiên cứu mở rộng của họ, các tác giả sáng chế đã tiếp cận thành công phát hiện liên quan đến phương pháp kiểm soát cấu trúc có khả năng cải thiện cả độ giãn đều và độ giãn cục bộ. Các phát hiện này sẽ được nêu chi tiết dưới đây.

Trước tiên, để cải thiện hiệu quả độ giãn đều thì cần ngăn chặn được sự tạo ra các khuyết tật trong quá trình biến dạng kéo. Trong quá trình biến dạng kéo, các khuyết tật có xu hướng tạo ra ở mặt phân cách giữa cấu trúc cứng và cấu trúc mềm. Ở tấm thép để thấm cacbon, sự tạo ra các khuyết tật được thúc đẩy ở mặt phân cách giữa ferit và carbua. Do đó, các tác giả sáng chế đã tiếp cận ý tưởng rằng các khuyết tật có thể được ngăn chặn không cho tạo ra bằng cách giảm mật độ số lượng của carbua có ở trong tấm thép, bằng cách đó giảm được tổng diện tích mặt phân cách giữa ferit và carbua.

Sau sự nghiên cứu kỹ lưỡng dựa trên ý tưởng này, các tác giả sáng chế có thể giảm được mật độ số lượng của carbua, bằng cách sử dụng các điều kiện gia nhiệt hai giai đoạn đối với quá trình ủ cầu hóa. Cụ thể hơn là, các tác giả sáng chế đã thành công trong việc làm giảm mật độ số lượng của carbua theo cách mà ở bước ủ cầu hóa, tấm thép sau khi trải qua bước cán nóng được đưa vào bước ủ giai đoạn thứ nhất trong đó tấm thép này được gia nhiệt lên đến khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} , và giữ ở khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} này trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ; và tấm thép sau khi trải qua bước ủ giai đoạn thứ nhất sau đó được đưa vào bước ủ giai đoạn thứ hai, trong đó tấm thép này được gia nhiệt lên đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , và giữ ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ.

Cơ chế có thể là như sau. Trước tiên, việc giữ trong điều kiện gia nhiệt ở giai đoạn thứ nhất được thực hiện ở nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} , để thúc đẩy sự khuếch tán cacbon để bằng cách đó cầu hóa carbua dạng tấm đã được tạo ra ở bước cán nóng. Ở giai đoạn thứ nhất này, cấu trúc của tấm thép chủ yếu bao gồm ferit và carbua, và chứa carbua mịn và carbua thô theo kiểu hỗn hợp. Tiếp theo, việc giữ trong điều kiện gia nhiệt ở giai đoạn thứ hai được thực hiện ở nhiệt độ cao hơn điểm A_{c1} , để làm nóng chảy carbua mịn, bằng cách đó làm giảm mật độ số lượng của carbua. Vì sự chín Ostwald của carbua xảy ra ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} này, carbua mịn được cho là nóng chảy ngày càng tăng, và do đó mật độ số lượng của carbua có thể được giảm xuống.

Tiếp theo, để cải thiện độ giãn cục bộ, điều quan trọng là ngăn chặn không cho các khuyết tật bị nóng chảy. Để ngăn chặn hiệu quả sự nóng chảy các khuyết tật, cần

phải micron hóa các hạt ferit nền. Các tác giả sáng chế đã tiếp cận ý tưởng là, nếu biên giới hạt tăng lên do sự micron hóa, thì các khuyết tật đã được tạo ra ở mặt phân cách giữa ferit và carbua sẽ có thể ít nóng chảy hơn. Sau các nghiên cứu kỹ lưỡng dựa trên ý tưởng như vậy, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng có thể thu được tác dụng ngăn chặn sự nóng chảy của các khuyết tật bằng cách kiểm soát kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$.

Sau đó, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu thêm về phương pháp sản xuất để micron hóa ferit, và phát hiện thấy rằng austenit trước khi biến đổi có thể được micron hóa bằng cách đưa tấm thép có hàm lượng Ti lớn hơn hoặc bằng 0,010% đi cán nóng; và phát hiện thêm rằng sự chuyển pha về phía ferit có thể được khởi động, trong lúc đó ngăn không cho hạt austenit phát triển, bằng cách làm nguội và cuộn tấm thép ngay sau bước cán tinh nóng ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $50^\circ\text{C}/\text{giây}$. Theo cách này, các vị trí tạo mầm của ferit sẽ tăng lên, làm cho có thể micron hóa hạt ferit.

Bằng cách kiểm soát cấu trúc tế vi nêu trên từ hai quan điểm, cả độ giãn đều và độ giãn cục bộ cùng được cải thiện, và bằng cách đó đã thu được một cách thành công tấm thép để thấm cacbon có tính dẻo cao hơn, trong lúc đó duy trì được khả năng tôi cứng. Do tính dẻo cao hơn, tấm thép để thấm cacbon có thể có khả năng tạo hình cao hơn nữa.

Lưu ý rằng về việc cải thiện tính dẻo nêu trên (độ giãn đều và độ giãn cục bộ), khả năng tôi cứng của tấm thép càng lớn, thì tác dụng cải thiện càng lớn. Ví dụ, tính dẻo cải thiện rõ ràng ở tấm thép có độ bền cao với độ bền kéo lớn hơn hoặc bằng 340MPa, như trong nhóm 340MPa và 440MPa. Do đó, có thể cải thiện tính dẻo trong lúc duy trì khả năng tôi cứng, nhờ việc kiểm soát cấu trúc nêu trên. Với tính dẻo cao hơn, kết quả là tấm thép để thấm cacbon có thể có khả năng tạo hình cao hơn nữa.

Dựa trên cơ sở của các phát hiện nêu trên, đã thu được tấm thép để thấm cacbon và phương pháp sản xuất tấm thép này theo các phương án của sáng chế, như được mô tả dưới đây. Các đoạn dưới đây sẽ mô tả chi tiết tấm thép để thấm cacbon và phương pháp sản xuất tấm thép này theo các phương án đã tiếp cận dựa trên cơ sở của các phát hiện nêu trên.

Tấm thép để thấm cacbon

Trước tiên, tấm thép để thấm cacbon theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Tấm thép để thấm cacbon theo phương án này có thành phần hóa học đã xác định trước được nêu chi tiết dưới đây. Ngoài ra, tấm thép để thấm cacbon theo phương án này có cấu trúc tế vi đặc trưng trong đó số lượng carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ là nhỏ hơn hoặc bằng 100; tỷ lệ phần trăm của số lượng các carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 là lớn hơn hoặc bằng 10% so với tổng số carbua; đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua là nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$; và kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit là nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$. Với các đặc điểm như vậy, tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ có tính dẻo và khả năng tạo hình cao hơn nữa, trong lúc duy trì được khả năng tôi cứng.

Thành phần hóa học của tấm thép để thấm cacbon

Trước tiên, các thành phần hóa học được chứa trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây. Lưu ý rằng trong phần mô tả dưới đây, ký hiệu % liên quan đến các thành phần hóa học nghĩa là “% khối lượng”, trừ khi có quy định cụ thể khác.

C: lớn hơn hoặc bằng 0,02%, và nhỏ hơn 0,30%

C (cacbon) là nguyên tố cần thiết để giữ độ bền ở trung tâm của độ dày của bộ phận đã thấm cacbon thu được cuối cùng. Ở tấm thép để thấm cacbon, C còn là nguyên tố được hòa tan ở trạng thái rắn vào trong biên giới hạt của ferit để tăng cường độ bền của biên giới hạt, do đó góp phần cải thiện độ giãn cục bộ.

Với hàm lượng của C nhỏ hơn 0,02%, sẽ không thể nhận được tác dụng cải thiện độ giãn cục bộ nêu trên. Do đó, hàm lượng của C trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,02%. Tốt hơn là, hàm lượng của C lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Trong lúc đó, với hàm lượng của C lớn hơn hoặc bằng 0,30%, carbua được tạo ra trong tấm thép để thấm cacbon sẽ có đường kính vòng tròn tương đương trung bình vượt quá $5,0\mu\text{m}$, do đó độ giãn đều sẽ giảm xuống. Do đó, hàm lượng của C trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn 0,30%. Tốt hơn là, hàm lượng của C nhỏ hơn hoặc bằng 0,20%. Ngoài ra, xem xét các cân bằng riêng giữa độ giãn đều và độ giãn cục bộ cũng như khả năng tôi cứng, hàm lượng của C tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn

0,10%.

Si: lớn hơn hoặc bằng 0,005%, và nhỏ hơn 0,5%

Si (silic) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Với hàm lượng của Si nhỏ hơn 0,005%, thép nóng chảy sẽ không được khử oxy hoàn toàn. Do đó, hàm lượng của silic trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Tốt hơn là, hàm lượng của Si lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Trong khi đó, với hàm lượng của S lớn hơn hoặc bằng 0,5%, Si được hòa tan ở trạng thái rắn trong carbua làm ổn định carbua, và ức chế sự nóng chảy của carbua ở giai đoạn ủ thứ nhất, nên mật độ số lượng của carbua sẽ không bị giảm xuống, do đó làm giảm độ giãn đều. Do đó, hàm lượng của Si trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn 0,5%. Hàm lượng của Si tốt hơn là nhỏ hơn 0,3%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,1%.

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,01%, và nhỏ hơn 3,0%

Mn (mangan) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Với hàm lượng của Mn nhỏ hơn 0,01%, thép nóng chảy sẽ không được khử oxy hoàn toàn. Do đó, hàm lượng của Mn trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,01%. Tốt hơn là, hàm lượng của Mn lớn hơn hoặc bằng 0,1%. Trong khi đó, với hàm lượng của Mn lớn hơn hoặc bằng 3,0%, Mn được hòa tan ở trạng thái rắn trong carbua làm ổn định carbua, và ức chế sự nóng chảy của carbua ở giai đoạn ủ thứ nhất, nên mật độ số lượng của carbua sẽ không được giảm xuống, do đó làm giảm độ giãn đều. Do đó, hàm lượng của Mn trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn 3,0%. Hàm lượng của Mn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 2,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn 1,0%.

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%

P (phospho) là nguyên tố thiên tích ở biên giới hạt của ferit nên thúc đẩy sự nứt gãy do giòn và làm giảm tính dẻo. Với hàm lượng của P vượt quá 0,1%, biên giới hạt của ferit sẽ có độ bền bị giảm đáng kể và do đó độ giãn đều sẽ giảm xuống. Do đó, hàm lượng của P trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%. Hàm lượng của P tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,020%. Lưu ý rằng giới hạn dưới của hàm lượng của P không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, khi hàm lượng của P giảm xuống dưới

0,0001% sẽ làm tăng đáng kể chi phí để loại phospho, gây bất lợi về mặt kinh tế. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng của P sẽ gần như bằng 0,0001% đối với tấm thép trong thực tế.

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%

S (lưu huỳnh) là nguyên tố có thể tạo ra tạp chất làm giảm tính dẻo. Với hàm lượng của S vượt quá 0,1%, tạp chất thô sẽ được tạo ra, và do đó độ giãn đều sẽ giảm xuống. Do đó, hàm lượng của S trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%. Hàm lượng của S tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,010%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,008%. Lưu ý rằng giới hạn dưới của hàm lượng của S không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, khi hàm lượng của S giảm xuống dưới 0,0005% sẽ làm tăng đáng kể chi phí để loại lưu huỳnh, gây bất lợi về mặt kinh tế. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng của S sẽ gần như bằng 0,0005% đối với tấm thép trong thực tế.

Al hòa tan: lớn hơn hoặc bằng 0,0002% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%

Al (nhôm) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Với hàm lượng của Al nhỏ hơn 0,0002%, thép nóng chảy sẽ không được khử oxy hoàn toàn. Do đó, hàm lượng của Al (chi tiết hơn là, hàm lượng của Al hòa tan) trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,0002%. Tốt hơn là, hàm lượng của Al lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Trong khi đó, với hàm lượng của Al vượt quá 3,0%, oxit thô sẽ được tạo ra, và do đó độ giãn đều sẽ giảm xuống. Do đó, hàm lượng của Al được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%. Hàm lượng của Al tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,5%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%, và vẫn còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%.

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%

Ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, hàm lượng của N (nitơ) cần nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%. Với hàm lượng của N vượt quá 0,2%, nitrua thô sẽ được tạo ra, và do đó độ giãn cục bộ sẽ giảm xuống. Do đó, hàm lượng của N trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%. Hàm lượng của N tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%. Giới hạn dưới của hàm lượng của N

không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, khi hàm lượng của N giảm xuống dưới 0,0001% sẽ làm tăng đáng kể chi phí để loại nitrat, gây bất lợi về mặt kinh tế. Do đó, giới hạn dưới của hàm lượng của N sẽ gần như bằng 0,0001% đối với tấm thép trong thực tế.

Ti: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%

Ti (titan) là nguyên tố góp phần micron hóa ferit nhờ sự micron hóa austenit trước ở bước cán nóng, và góp phần cải thiện độ giãn cục bộ. Để nhận được tác dụng micron hóa ferit như vậy, hàm lượng của Ti trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Tốt hơn là, hàm lượng của Ti lớn hơn hoặc bằng 0,015%. Trong khi đó, xem xét tác dụng tạo ra carbua và nitrua, hàm lượng của Ti được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, lưu tâm đến việc đạt được tác dụng cải thiện độ giãn cục bộ. Tốt hơn là, hàm lượng của Ti nhỏ hơn hoặc bằng 0,075%.

Cr: lớn hơn hoặc bằng 0,005% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%

Cr (crom) là nguyên tố có tác dụng gia tăng khả năng tôi cứng của bộ phận được thấm cacbon thu được cuối cùng, và cũng là nguyên tố, đối với tấm thép để thấm cacbon, có tác dụng micron hóa các hạt tinh thể ferit để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Cr có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Cr, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Cr lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng tạo ra carbua và nitrua, hàm lượng của Cr tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Hàm lượng của Cr tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0% và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,5%.

Mo: lớn hơn hoặc bằng 0,005% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Mo (molypden) là nguyên tố có tác dụng gia tăng khả năng tôi cứng của bộ phận được thấm cacbon thu được cuối cùng, và cũng là nguyên tố, đối với tấm thép để thấm cacbon, có tác dụng micron hóa các hạt tinh thể ferit để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Mo có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Mo, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,005%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Mo lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng tạo ra carbua

và nitrua, hàm lượng của Mo tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Mo nhỏ hơn hoặc bằng 0,8%.

Ni: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%

Ni (niken) là nguyên tố có tác dụng gia tăng khả năng tôi cứng của bộ phận được thấm cacbon thu được cuối cùng, và cũng là nguyên tố, đối với tấm thép để thấm cacbon, có tác dụng micron hóa các hạt tinh thể ferit để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Ni có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Ni, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Ni lớn hơn hoặc bằng 0,050%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng thiên tích Ni ở biên giới hạt, hàm lượng của Ni tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Hàm lượng của Ni tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và vẫn còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%.

Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,001% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%

Cu (đồng) là nguyên tố có tác dụng gia tăng khả năng tôi cứng của bộ phận được thấm cacbon thu được cuối cùng, và cũng là nguyên tố, đối với tấm thép để thấm cacbon, có tác dụng micron hóa các hạt tinh thể ferit để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Cu có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Cu, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,001%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Cu lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng thiên tích của Cu ở biên giới hạt, hàm lượng của Cu tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Hàm lượng của Cu tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%.

Co: lớn hơn hoặc bằng 0,001% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%

Co (coban) là nguyên tố có tác dụng gia tăng khả năng tôi cứng của bộ phận được thấm cacbon thu được cuối cùng, và cũng là nguyên tố, đối với tấm thép để thấm cacbon, có tác dụng micron hóa các hạt tinh thể ferit để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Co có thể có mặt nếu cần.

Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Co, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,001%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Co lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng thiên tích của Co ở biên giới hạt, hàm lượng của Co tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Co nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%.

Nb: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%

Nb (niobi) là nguyên tố góp phần micron hóa các hạt tinh thể để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Nb có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của Nb, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,010%. Hàm lượng của Nb tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,035%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng tạo ra carbua và nitrua, hàm lượng của Nb tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Hàm lượng của Nb tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,120%, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,100%.

V: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

V (vanadi) là nguyên tố góp phần micron hóa các hạt tinh thể để cải thiện hơn nữa độ giãn cục bộ. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, V có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ, hàm lượng của V, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Hàm lượng của V tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%. Hơn nữa, xét đến các tác dụng tạo ra carbua và nitrua, hàm lượng của V tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, lưu tâm đến việc nhận được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn cục bộ. Hàm lượng của V tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,10%, và vẫn còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,050%.

B: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%

B (bo) là nguyên tố thiên tích ở biên giới hạt của ferit để tăng cường độ bền của biên giới hạt, do đó cải thiện hơn nữa độ giãn đều. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, B có thể có mặt nếu cần. Để thu được tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn đều, hàm lượng của B, nếu có mặt, tốt hơn nếu được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 0,0005%. Hàm lượng của B tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0010%.

Lưu ý rằng, tác dụng gia tăng hơn nữa độ giãn đều như vậy sẽ bão hòa nếu hàm lượng của B vượt quá 0,01%, nên hàm lượng của B tốt hơn nếu được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%. Hàm lượng của B tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0075%, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0050%, và vẫn còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0030%.

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Sn (thiếc) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Sn có thể có mặt, nếu cần, ở hàm lượng tối đa bằng 1,0%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Sn nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%.

W: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

W (tungsten) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, W có thể có mặt, nếu cần, ở hàm lượng tối đa bằng 1,0%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của W nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%.

Ca: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%

Ca (canxi) là nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, Ca có thể có mặt nếu cần ở hàm lượng tối đa bằng 0,01%. Tốt hơn nữa là, hàm lượng của Ca nhỏ hơn hoặc bằng 0,005%.

REM: nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%

Kim loại hiếm (REM: rare metal) là (các) nguyên tố có tác dụng khử oxy thép nóng chảy để cải thiện tính hoàn chỉnh của thép. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, REM có thể có mặt, nếu cần, ở hàm lượng tối đa bằng 0,3%.

Lưu ý rằng REM là tên chung của tổng cộng 17 nguyên tố bao gồm Sc (scandi), Y (ytri) và các nguyên tố dãy lantanoid, và hàm lượng của REM nghĩa là tổng lượng của các nguyên tố này. Mặc dù hợp kim của các nguyên tố đất hiếm (kim loại misch) thường được sử dụng để đưa vào REM, trong một số trường hợp, các nguyên tố dãy lantanoid ngoài La (lantan) và Ce (xeri) có thể được đưa vào theo cách phối hợp. Ngoài ra, trong trường hợp này, tấm thép để thấm cacbon theo phương án này có tác

dụng trong đó tấm thép này vượt trội hơn không chỉ về khả năng tôi cứng và khả năng tạo hình, mà còn cả về tính dẻo. Ngoài ra, tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ có tính dẻo rất tốt, ngay cả khi chứa kim loại REM như La và Ce kim loại.

Phần còn lại: Fe và các tạp chất

Phần còn lại của thành phần ở trung tâm của độ dày bao gồm Fe và các tạp chất. Các tạp chất được lấy làm ví dụ bởi các nguyên tố được dẫn xuất từ thép hoặc phế liệu ban đầu, và/hoặc chắc chắn được đưa vào trong quá trình sản xuất thép, mà có thể chấp nhận được miễn là các đặc tính của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ không bị ảnh hưởng bất lợi.

Các thành phần hóa học được chứa trong tấm thép để thấm cacbon theo phương án này đã được mô tả chi tiết.

Cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon

Tiếp theo, cấu trúc tế vi tạo nên tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ được mô tả chi tiết.

Cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này về căn bản được tạo nên bởi ferit và carbua. Chi tiết hơn, cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này được cấu thành sao cho tỷ lệ phần trăm của diện tích ferit thường nằm trong khoảng từ 85 đến 95%, tỷ lệ phần trăm của diện tích carbua thường nằm trong khoảng từ 5 đến 15%, và tổng tỷ lệ phần trăm của diện tích của ferit và carbua sẽ không vượt quá 100%.

Các tỷ lệ phần trăm của diện tích ferit và carbua này được đo bằng cách sử dụng một mẫu được lấy mẫu từ tấm thép để thấm cacbon để tạo ra mặt cắt ngang cần được quan sát theo hướng vuông góc với hướng ngang. Chiều dài của mẫu nằm trong khoảng từ 10mm đến 25mm hoặc khoảng đó sẽ đáp ứng nhu cầu, mặc dù phụ thuộc vào loại thiết bị đo. Bề mặt được quan sát của mẫu được đánh bóng và sau đó được khắc ăn mòn bằng cách sử dụng nital. Bề mặt cần được quan sát, sau khi khắc ăn mòn bằng nital, được quan sát ở các vùng ở vị trí 1/4 độ dày (nghĩa là vị trí theo hướng độ dày của tấm thép để thấm cacbon, 1/4 độ dày cách bề mặt), ở vị trí 3/8 độ dày và ở vị trí 1/2 độ dày, dưới kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường nhiệt (ví dụ, JSM-7001F của JEOL, Ltd.).

Mỗi mẫu được quan sát đối với các vùng có diện tích $2500\mu\text{m}^2$ ở mười trường nhìn, và các tỷ lệ phần trăm của các diện tích được chiếm giữ bởi ferit và carbua tương ứng với diện tích của trường nhìn được đo đối với mỗi trường nhìn. Giá trị trung bình của các tỷ lệ phần trăm của diện tích được chiếm giữ bởi ferit, được lấy trung bình từ tất cả các trường nhìn, và giá trị trung bình của các tỷ lệ phần trăm của diện tích được chiếm giữ bởi carbua, được lấy trung bình từ tất cả các trường nhìn, tương ứng là tỷ lệ phần trăm của diện tích ferit và tỷ lệ phần trăm của diện tích carbua.

Ở đây carbua trong cấu trúc tế vi theo phương án này chủ yếu là sắt carbua như xementit là hợp chất của sắt và cacbon (Fe_3C), và, ϵ carbua (Fe_{2-3}C). Ngoài ra, bên cạnh sắt carbua nêu trên, carbua trong cấu trúc tế vi đôi khi chứa hợp chất được dẫn xuất từ xementit có các nguyên tử Fe được thế bằng Mn, Cr và v.v., và các carbua hợp kim (như M_{23}C_6 , M_6C và MC , trong đó M là Fe và nguyên tố kim loại khác, hoặc nguyên tố kim loại khác với Fe). Phần lớn phần carbua trong cấu trúc tế vi theo phương án này được tạo nên bởi sắt carbua. Do đó, giờ đây tập trung vào số lượng được mô tả chi tiết dưới đây của các carbua như vậy, số lượng này có thể là tổng số lượng của các carbua khác nhau nêu trên, hoặc có thể là số lượng chỉ của sắt carbua. Nghĩa là, các tỷ lệ phần trăm được mô tả dưới đây của số lượng carbua có thể được xác định dựa trên cơ sở tập hợp chứa các carbua khác nhau kể cả sắt carbua, hoặc có thể được xác định dựa trên cơ sở tập hợp chỉ chứa sắt carbua. Sắt carbua có thể được xác định thông thường bằng cách đem mẫu đi đo nhiễu xạ hoặc đo phổ tia X phân tán năng lượng (EDS: Energy Dispersive X-ray Spectrometry).

Như đã được giải thích trước đây, để cải thiện tính dẻo của tấm thép để thấm cacbon, quan trọng là làm giảm mật độ số lượng của carbua, và ngoài ra micron hóa các hạt tinh thể ferit bằng cách đưa Ti vào.

Tính dẻo liên quan đến độ giãn đều và độ giãn cục bộ như được mô tả trước đây. Trong số hai quan điểm nêu trên về tính dẻo, nhiều công nghệ chủ yếu cải thiện độ giãn đều đã được đề xuất. Tuy nhiên, để tạo hình các chi tiết có hình dáng phức tạp, quan trọng là cải thiện không chỉ độ giãn đều, mà còn cả độ giãn cục bộ đồng thời. Các tiếp cận để cải thiện việc kiểm soát cấu trúc tế vi là khác nhau giữa độ giãn đều và độ giãn cục bộ. Sau đó, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu rộng rãi về các phương pháp để kiểm soát cấu trúc có thể đồng thời cải thiện hai loại độ giãn này, và do đó đạt tới các phát hiện dưới đây.

Trước tiên, để cải thiện độ giãn đều, hữu hiệu là ngăn chặn được sự tạo ra các khuyết tật trong quá trình biến dạng kéo. Trong quá trình biến dạng kéo, các khuyết tật có xu hướng tạo ra ở mặt phân cách giữa cấu trúc cứng và cấu trúc mềm. Ở tấm thép để thấm cacbon, sự tạo ra các khuyết tật được thúc đẩy ở mặt phân cách giữa ferit và carbua. Sau đó, sau các nghiên cứu kỹ lưỡng, các tác giả sáng chế đã tiếp cận ý tưởng rằng các khuyết tật có thể được ngăn không cho tạo ra bằng cách giảm mật độ số lượng của carbua, bằng cách đó giảm được tổng diện tích mặt phân cách giữa ferit và carbua.

Tiếp theo, để cải thiện độ giãn cục bộ, quan trọng là ngăn không cho các khuyết tật nóng chảy. Để ngăn sự nóng chảy các khuyết tật, hữu hiệu là micron hóa các hạt ferit nền. Các tác giả sáng chế đã đạt được ý tưởng là, nếu biên giới hạt tăng lên do sự micron hóa, thì các khuyết tật đã được tạo ra ở mặt phân cách giữa ferit và carbua sẽ có thể ít nóng chảy hơn. Sau các nghiên cứu kỹ lưỡng dựa trên ý tưởng như vậy, các tác giả sáng chế nhận thấy rằng các khuyết tật có thể được ngăn không cho nóng chảy bằng cách kiểm soát kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$.

Các lý do để giới hạn cấu trúc tế vi tạo nên tấm thép để thấm cacbon theo phương án này sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$: nhỏ hơn hoặc bằng 100

Như đã mô tả trước đây, carbua theo phương án này chủ yếu bao gồm sắt carbua như xementit (Fe_3C) và, ϵ carbua (Fe_{2-3}C). Các nghiên cứu bởi các tác giả sáng chế cho thấy rằng độ giãn đều tốt có thể thu được nếu số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ được kiểm soát ở mức nhỏ hơn hoặc bằng 100. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 100. Giờ đây, vì rõ ràng từ phương pháp đo được mô tả dưới đây, “số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ ” theo phương án này là số lượng trung bình của carbua trong vùng có thể lựa chọn tự do có diện tích bằng $1000\mu\text{m}^2$, ở phần 1/4 độ dày của tấm thép để thấm cacbon. Số lượng carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 90. Lưu ý rằng giới hạn dưới của số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, vì khó kiểm soát số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ đến nhỏ hơn 5 trong hoạt động thực tiễn, nên 5 sẽ là giới hạn dưới

trong thực tế.

Tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 so với tổng số carbua: lớn hơn hoặc bằng 10%

Nghiên cứu bởi các tác giả sáng chế cho thấy rằng độ giãn đều tốt có thể đạt được, nếu tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, so với tổng số carbua, là lớn hơn hoặc bằng 10%. Với tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 so với tổng số carbua thấp hơn 10%, sẽ không thể thu được độ giãn đều tốt do sự rạn nứt tăng tốc trong quá trình biến dạng uốn. Do đó, ở tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, so với tổng số carbua, được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 10%. Tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 so với tổng số carbua tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 20%, để cải thiện hơn nữa độ giãn đều. Lưu ý rằng không có sự giới hạn đặc biệt về giới hạn trên của tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, so với tổng số carbua. Tuy nhiên, do khó đạt được giá trị lớn hơn hoặc bằng 98% trong hoạt động thực tiễn, nên 98% sẽ là giới hạn trên trong thực tế.

Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua: nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$

Ở cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua cần phải nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$. Với đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua vượt quá $5,0\mu\text{m}$, sẽ không thể nhận được độ giãn đều tốt do sự rạn nứt xuất hiện trong quá trình biến dạng kéo. Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua càng nhỏ, thì độ giãn đều càng tốt. Tốt hơn nếu đường kính vòng tròn tương đương trung bình này nhỏ hơn hoặc bằng $1,0\mu\text{m}$. Giá trị giới hạn dưới của đường kính vòng tròn tương đương trung bình không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, vì khó đạt được đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua nhỏ hơn hoặc bằng $0,01\mu\text{m}$ trong hoạt động thực tiễn, nên $0,01\mu\text{m}$ sẽ là giới hạn dưới trong thực tế.

Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit: nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$

Ở cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này, kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit cần phải nhỏ hơn hoặc bằng $10,0\mu\text{m}$. Với kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit lớn hơn $10\mu\text{m}$, các vết nứt sẽ mở rộng nhanh chóng

trong quá trình biến dạng kéo, làm cho không thể thu được độ giãn cục bộ tốt. Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit càng nhỏ, thì độ giãn cục bộ càng tốt. Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng $8,0\mu\text{m}$. Giới hạn dưới của kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, do khó kiểm soát kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit nhỏ hơn hoặc bằng $0,1\mu\text{m}$ trong hoạt động thực tiễn, nên $0,1\mu\text{m}$ được hiểu là giới hạn dưới trong thực tế.

Tiếp theo, các phương pháp để đo số lượng và tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua, cũng như kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit trong cấu trúc tế vi sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Trước tiên, để tạo ra mặt cắt ngang cần được quan sát, mẫu được cắt từ tấm thép để thấm cacbon theo hướng vuông góc với bề mặt (mặt cắt ngang theo độ dày). Chiều dài của mẫu bằng 10mm hoặc khoảng đó sẽ đáp ứng nhu cầu, mặc dù phụ thuộc vào loại thiết bị đo. Mặt cắt ngang được đánh bóng và ăn mòn, và sau đó đưa đi đo mật độ số lượng, tỷ số hình dáng, và đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua, và kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit. Để đánh bóng, ví dụ, bằng cách sử dụng giấy nhám silic carbua từ 600-grit đến 1500-grit để đánh bóng bề mặt cần được đo là đạt yêu cầu, và sau đó hoàn thiện gương bề mặt có sử dụng chất lỏng chứa bột kim cương có đường kính từ $1\mu\text{m}$ đến $6\mu\text{m}$ phân tán trong chất pha loãng như rượu hoặc trong nước. Việc làm ăn mòn không bị giới hạn cụ thể miễn là mặt phân cách giữa carbua và ferit, hoặc biên giới hạt ferit có thể được ăn mòn phân lớn. Ví dụ, có thể sử dụng là khắc ăn mòn có sử dụng dung dịch axit nitric 3% trong rượu, hoặc phương pháp để ăn mòn biên giới hạt giữa carbua và sắt nền, như khắc ăn mòn điện phân thể tĩnh có sử dụng dung dịch điện phân trên cơ sở dung môi không trong nước (Fumio Kurosawa et al., Journal of the Japan Institute of Metals and Materials (bằng tiếng Nhật), 43, 1068, (1979)), bằng cách đó sắt nền được loại bỏ đến độ sâu vài micromet để cho phép chỉ còn lại carbua.

Mật độ số lượng của carbua được đánh giá bằng cách chụp ảnh diện tích $2500\mu\text{m}^2$ ở xung quanh vị trí 1/4 độ dày của mẫu, tức là sâu $20\mu\text{m}$ theo hướng độ dày và dài $50\mu\text{m}$ theo hướng cán, dưới kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường nhiệt (ví dụ, JSM-7001F của JEOL, Ltd.), và số lượng carbua trong trường nhìn đã chụp ảnh được đo bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh (ví dụ, IImage-Pro Plus của

Media Cybernetics, Inc.). Năm trường nhìn được đo theo cùng một cách, và giá trị trung bình từ năm trường nhìn này được định rõ là số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$.

Tỷ số hình dáng của carbua được đánh giá bằng cách quan sát diện tích $2500\mu\text{m}^2$ ở xung quanh vị trí 1/4 độ dày của mẫu dưới kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường nhiệt (ví dụ, JSM-7001F của JEOL, Ltd.). Mọi carbua có mặt trong trường nhìn đã quan sát được đo theo trục dài và trục ngắn để tính tỷ số hình dáng (trục dài/trục ngắn), và giá trị trung bình của các tỷ số hình dáng được xác định. Sự quan sát như vậy được thực hiện ở năm trường nhìn, và giá trị trung bình đối với năm trường nhìn này được xác định là tỷ số hình dáng của carbua trong mẫu. Dựa vào tỷ số hình dáng của carbua thu được theo cách như vậy, tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 so với tổng số carbua được tính, dựa trên cơ sở tổng số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, và tổng số lượng của carbua có mặt trong năm trường nhìn này.

Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua được đánh giá bằng cách quan sát diện tích $600\mu\text{m}^2$ ở xung quanh vị trí 1/4 độ dày của mẫu ở bốn trường nhìn, dưới kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường nhiệt (ví dụ, JSM-7001F của JEOL, Ltd.). Đối với mỗi trường nhìn, trục dài và trục ngắn của carbua thu thập được được đo riêng rẽ bằng cách sử dụng phần mềm phân tích hình ảnh (ví dụ, IMage-Pro Plus của Media Cybernetics, Inc.). Đối với mỗi carbua trong trường nhìn, trục dài và trục ngắn được tính trung bình để thu được đường kính của carbua, và các đường kính thu được từ tất cả các carbua thu thập được trong trường nhìn được tính trung bình. Các giá trị trung bình của đường kính của carbua thu được theo cách như vậy từ bốn trường nhìn được tính trung bình tiếp bởi số lượng các trường nhìn, để xác định đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua.

Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit được đánh giá bằng cách chụp ảnh diện tích $2500\mu\text{m}^2$ ở xung quanh vị trí 1/4 độ dày của mẫu dưới kính hiển vi điện tử quét loại phát xạ trường nhiệt (ví dụ, JSM-7001F của JEOL, Ltd.), và bằng cách sử dụng phương pháp đoạn đường cho các hình ảnh thu thập được.

Cấu trúc tế vi có được bởi tấm thép để thấm cacbon theo phương án này đã được mô tả chi tiết.

Độ dày của tấm thép để thấm cacbon

Độ dày của tấm thép để thấm cacbon theo phương án này không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 2mm, chẳng hạn. Với độ dày của tấm thép để thấm cacbon được định rõ là lớn hơn hoặc bằng 2mm, sự khác biệt về độ dày theo hướng ngang của cuộn dây có thể được giảm thêm nữa. Độ dày của tấm thép để thấm cacbon tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 2,3mm. Hơn nữa, độ dày của tấm thép để thấm cacbon không bị giới hạn cụ thể, nhưng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 6mm. Với độ dày của tấm thép để thấm cacbon được định rõ là nhỏ hơn hoặc bằng 6mm, tải trọng của bước tạo hình dập có thể được giảm xuống, làm cho việc tạo hình thành các chi tiết dễ dàng hơn. Độ dày của tấm thép để thấm cacbon tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 5,8mm.

Tấm thép để thấm cacbon theo phương án này đã được mô tả chi tiết.

Phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon

Tiếp theo, phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon đã giải thích ở trên theo phương án này sẽ được mô tả chi tiết.

Phương pháp sản xuất để sản xuất tấm thép để thấm cacbon đã giải thích ở trên theo phương án này bao gồm (A) bước cán nóng trong đó tấm thép có thành phần hóa học đã giải thích ở trên được sử dụng để sản xuất tấm thép cán nóng theo các điều kiện đã xác định trước; (B) bước ủ thứ nhất trong đó tấm thép cán nóng thu được, hoặc, tấm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng, được đưa vào bước ủ giai đoạn thứ nhất theo các điều kiện xử lý nhiệt đã xác định trước; (C) bước ủ thứ hai trong đó tấm thép sau khi trải qua bước ủ thứ nhất được đưa vào bước ủ giai đoạn thứ hai theo các điều kiện xử lý nhiệt đã xác định trước; và (D) bước làm nguội trong đó tấm thép sau khi ủ ở bước ủ thứ hai được làm nguội theo các điều kiện làm nguội đã xác định trước.

Bước cán nóng, bước ủ thứ nhất, bước ủ thứ hai và bước làm nguội sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Bước cán nóng

Bước cán nóng được mô tả dưới đây là bước trong đó vật liệu thép có thành phần hóa học đã xác định trước được sử dụng để sản xuất tấm thép cán nóng theo các điều kiện đã xác định trước.

Phôi thép (vật liệu thép) giờ đây được đưa đi cán nóng có thể là phôi bất kỳ được sản xuất bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp thông thường. Ví dụ, có thể được sử dụng là phôi được sản xuất bằng phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp thông thường, như phương pháp đúc thổi đúc dẹt liên tục và phương pháp đúc phôi tấm cán sơ mỏng.

Chi tiết hơn nữa, bằng cách sử dụng vật liệu thép có thành phần hóa học đã giải thích ở trên, vật liệu thép được gia nhiệt và đưa đi cán nóng, sau đó bước cán tinh nóng được kết thúc ở khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 800°C và thấp hơn hoặc bằng 920°C , tiếp đó làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của bước cán tinh nóng xuống đến nhiệt độ dừng làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và thấp hơn hoặc bằng $250^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và bằng cách cuộn ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 700°C , để bằng cách đó sản xuất tấm thép cán nóng.

Nhiệt độ cán ở bước cán tinh nóng: cao hơn hoặc bằng 800°C , và thấp hơn 920°C

Ở bước cán nóng theo phương án này, việc cán ở bước cán tinh nóng cần được tiến hành ở nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 800°C . Với nhiệt độ cán trong quá trình cán tinh nóng (đó là, nhiệt độ cán tinh) giảm xuống dưới 800°C , hơn nữa nhiệt độ bắt đầu của quá trình biến đổi ferit sẽ bắt đầu giảm xuống, nên carbua cần được kết tủa sẽ trở nên thô, và độ giãn đều sẽ giảm. Do đó, ở bước cán nóng theo phương án này, nhiệt độ cán tinh được định rõ là cao hơn hoặc bằng 800°C . Nhiệt độ cán tinh tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 830°C . Trong lúc đó, với nhiệt độ cán tinh đạt cao hơn hoặc bằng 920°C , hạt austenit sẽ trở nên thô rõ ràng, nên các vị trí tạo ra ferit sẽ giảm xuống, hạt ferit sẽ trở nên thô, và độ giãn cục bộ sẽ giảm. Do đó, ở bước cán nóng theo phương án này, nhiệt độ cán tinh được định rõ là thấp hơn hoặc bằng 920°C . Nhiệt độ cán tinh tốt hơn là thấp hơn 900°C .

Tốc độ làm nguội trung bình sau khi kết thúc bước cán tinh nóng: cao hơn hoặc bằng $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và thấp hơn hoặc bằng $250^{\circ}\text{C}/\text{giây}$

Ở bước cán nóng theo phương án này, tấm thép sau bước cán tinh nóng được làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và thấp hơn hoặc bằng $250^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Với tốc độ làm nguội trung bình thấp hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, hạt austenit sẽ phát triển quá mức, làm cho không thể đạt được tác dụng micron hóa ferit, dẫn đến làm giảm độ giãn cục bộ. Tốc độ làm nguội trung bình sau bước cán tinh nóng

tốt hơn là cao hơn hoặc bằng $60^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốt hơn nữa là cao hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Trong khi đó, với tốc độ làm nguội trung bình cao hơn $250^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, sự biến đổi về phía ferit sẽ được ngăn chặn, làm cho khó kiểm soát kích thước hạt tinh thể của ferit đến nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$ ở tấm thép để thấm cacbon. Tốc độ làm nguội trung bình sau bước cán tinh nóng tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng $170^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Nhiệt độ cuộn: thấp hơn hoặc bằng 700°C

Để kiểm soát cấu trúc tế vi của tấm thép để thấm cacbon cần được sản xuất có cấu trúc tế vi được giải thích trước đây, thích hợp hơn là cấu trúc của tấm thép (tấm thép cán nóng) trước khi được đưa vào bước ủ ở giai đoạn tiếp theo (chi tiết hơn là, ủ cầu hóa) chủ yếu bao gồm lớn hơn hoặc bằng 10% và nhỏ hơn hoặc bằng 80% theo tỷ lệ phần trăm của diện tích ferit; và lớn hơn hoặc bằng 10% và nhỏ hơn hoặc bằng 60% theo tỷ lệ phần trăm của diện tích peclit; tổng cộng nhỏ hơn hoặc bằng 100% theo tỷ lệ diện tích, và phần còn lại bao gồm ít nhất thành phần bất kỳ trong số bainit, mactensit, mactensit đã ram và autensit còn lại.

Ở tấm thép để thấm cacbon sau bước ủ, nếu nhiệt độ cuộn ở bước cán nóng theo phương án này vượt quá 700°C , sự biến đổi ferit sẽ bị thúc đẩy quá mức để ngăn chặn tạo ra peclit, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Do đó, ở bước cán nóng theo phương án này, giới hạn trên của nhiệt độ cuộn được định rõ là 700°C . Giới hạn dưới của nhiệt độ cuộn ở bước cán nóng theo phương án này không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, do cuộn ở nhiệt độ trong phòng hoặc ở nhiệt độ thấp hơn là khó trong hoạt động thực tiễn, nên nhiệt độ trong phòng sẽ là giới hạn dưới trong thực tế. Lưu ý rằng, nhiệt độ cuộn ở bước cán nóng theo phương án này tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 400°C , từ quan điểm làm giảm hơn nữa mật độ số lượng của carbua ở bước ủ trong giai đoạn tiếp theo.

Ngoài ra, tấm thép được cuộn như vậy ở bước cán nóng nêu trên (tấm thép cán nóng) có thể không được cuộn, được tẩy gỉ bằng axit và sau đó được cán nguội. Nhờ việc loại bỏ oxit trên bề mặt của tấm thép bằng cách tẩy gỉ bằng axit, khả năng mở rộng lỗ có thể được cải thiện hơn nữa. Việc tẩy gỉ bằng axit có thể được thực hiện một lần, hoặc có thể được thực hiện nhiều lần. Bước cán nguội có thể được thực hiện ở độ côn thông thường (30 đến 90%, chẳng hạn). Tấm thép cán nóng và tấm thép cán nguội

cũng bao gồm tấm thép được là phẳng dưới các điều kiện thông thường, bên cạnh các tấm thép không bị biến đổi sau khi cán nóng hoặc cán nguội.

Ở bước cán nóng theo phương án này, tấm thép cán nóng được sản xuất là như được mô tả ở trên. Tấm thép cán nóng được sản xuất như vậy, hoặc, tấm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng có thể được tiếp tục đưa vào bước ủ riêng biệt ở hai loại bước ủ được mô tả chi tiết dưới đây, sau đó đưa đi làm nguội riêng biệt ở bước làm nguội được mô tả chi tiết dưới đây. Do đó, có thể thu được tấm thép để thấm cacbon theo phương án này.

Bước ủ thứ nhất

Bước ủ thứ nhất được mô tả chi tiết dưới đây là bước trong đó tấm thép cán nóng thu được ở bước cán nóng nêu trên, hoặc tấm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng, được đưa vào bước ủ giai đoạn thứ nhất (bước ủ cầu hóa) theo các điều kiện xử lý nhiệt bao gồm nhiệt độ gia nhiệt không lớn hơn điểm A_{c1} .

Chi tiết hơn là, ở bước ủ thứ nhất theo phương án này, tấm thép cán nóng thu được, hoặc, tấm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng được gia nhiệt trong môi trường khí ủ có nồng độ nitơ được kiểm soát đến thấp hơn 25% theo phần thể tích, ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (101) dưới đây, và giữ ở khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ.

Giờ đây, trong công thức (101) dưới đây, ký hiệu [X] là hàm lượng của nguyên tố X (theo % khối lượng), được thay thế bằng 0 nếu nguyên tố X này không có mặt.

$$A_{c1} = 750,8 - 26,6[\text{C}] + 17,6[\text{Si}] - 11,6[\text{Mn}] - 22,9[\text{Cu}] - 23[\text{Ni}] + 24,1[\text{Cr}] + 22,5[\text{Mo}] - 39,7[\text{V}] - 5,7[\text{Ti}] + 232,4[\text{Nb}] - 169,4[\text{Al}] - 894,7[\text{B}]$$

... Công thức (101)

Môi trường khí ủ: môi trường khí có nồng độ nitơ được kiểm soát tới thấp hơn 25% theo phần thể tích

Ở bước ủ thứ nhất nêu trên, môi trường khí ủ được định rõ là có nồng độ nitơ được kiểm soát ở nhỏ hơn hoặc bằng 25% theo phần thể tích. Với nồng độ nitơ được đặt ở cao hơn hoặc bằng 25% theo phần thể tích, cacbonitrua thô sẽ được tạo ra trong

tắm thép sẽ làm giảm một cách không mong muốn độ giãn đều. Nồng độ nitơ càng thấp thì càng tốt hơn. Tuy nhiên, vì sẽ không có hiệu quả về mặt chi phí khi kiểm soát nồng độ nitơ thấp hơn 1% theo phần thể tích, nên 1% theo phần thể tích được hiểu là giới hạn dưới trong thực tế.

Khí trong môi trường khí, ví dụ, ít nhất là một khí được chọn thích hợp từ các khí như nitơ và hydro, và các khí trơ như argon. Các khí khác nhau này có thể được sử dụng để điều chỉnh nồng độ nitơ trong lò gia nhiệt được sử dụng cho bước ủ đến giá trị mong muốn. Khí của môi trường khí có thể chứa khí như oxy nếu hàm lượng không quá lớn. Nồng độ hydro càng cao trong khí của môi trường khí thì càng tốt. Thông thường, bằng cách kiểm soát nồng độ hydro đến lớn hơn hoặc bằng 60%, sự dẫn nhiệt trong thiết bị ủ có thể được tăng lên, và do đó chi phí sản xuất có thể được giảm xuống. Cụ thể hơn là, môi trường khí ủ có thể có nồng độ hydro cao hơn hoặc bằng 95% theo phần thể tích, với phần còn lại là nitơ. Khí trong môi trường khí trong lò gia nhiệt có thể được kiểm soát, ví dụ bằng cách đo một cách thích hợp nồng độ khí trong lò gia nhiệt, trong lúc đang đưa khí nêu trên vào.

Tốc độ gia nhiệt trung bình: cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$

Ở bước ủ thứ nhất theo phương án này, việc gia nhiệt cần được tiến hành ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (101) nêu trên. Với tốc độ gia nhiệt trung bình thấp hơn $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ trở nên thô một cách nhanh chóng, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ vượt quá $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm. Tốc độ làm nguội trung bình ở bước ủ thứ nhất tốt hơn là cao hơn hoặc bằng $5^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$. Trong lúc đó, với tốc độ gia nhiệt trung bình vượt quá $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ không được cầu hóa hoàn toàn, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Tốc độ làm nguội trung bình ở bước ủ thứ nhất tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng $90^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$.

Nhiệt độ gia nhiệt: Không cao hơn điểm A_{c1}

Trong lúc đó, như được mô tả ở trên, nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ nhất theo phương án này cần được kiểm soát để không cao hơn điểm A_{c1} được định rõ bởi công

thức (101) nêu trên. Với tốc độ gia nhiệt trung bình vượt quá điểm Ac_1 , carbua sẽ không được cầu hóa hoàn toàn, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Lưu ý rằng giới hạn dưới của khoảng nhiệt độ của nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ nhất không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, ở khoảng nhiệt độ của nhiệt độ gia nhiệt hạ xuống dưới 600°C , thời gian lưu giữ trong quá trình ủ thứ nhất sẽ trở nên dài hơn, làm cho quy trình sản xuất này không hiệu quả về mặt chi phí. Do đó, khoảng nhiệt độ của nhiệt độ gia nhiệt tốt hơn là được định rõ là cao hơn hoặc bằng 600°C . Để kiểm soát thích hợp hơn trạng thái của carbua, khoảng nhiệt độ của nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ nhất theo phương án này tốt hơn nếu được định rõ là cao hơn hoặc bằng $630^\circ\text{C}/\text{giờ}$. Trong lúc đó, để kiểm soát thích hợp hơn trạng thái của carbua, khoảng nhiệt độ của nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ nhất theo phương án này tốt hơn nếu được định rõ là thấp hơn hoặc bằng 670°C .

Thời gian lưu giữ: ở khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm Ac_1 , là dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ

Ở bước ủ thứ nhất theo phương án này, khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm Ac_1 nêu trên (tốt hơn là, cao hơn hoặc bằng 600°C và thấp hơn hoặc bằng điểm Ac_1) cần được giữ trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ. Với thời gian lưu giữ hạ xuống dưới 1 giờ, carbua sẽ không được cầu hóa hoàn toàn, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Thời gian lưu giữ của khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm Ac_1 (tốt hơn là, cao hơn hoặc bằng 600°C và thấp hơn hoặc bằng điểm Ac_1) ở bước ủ thứ nhất theo phương án này tốt hơn là dài hơn hoặc bằng 10 giờ. Mặt khác, với thời gian lưu giữ trong khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm Ac_1 (tốt hơn là, cao hơn hoặc bằng 600°C và không cao hơn điểm Ac_1) lớn hơn 100 giờ, carbua sẽ nhanh chóng trở nên thô, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ lớn hơn $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm. Thời gian lưu giữ trong khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm Ac_1 (tốt hơn là, cao hơn hoặc bằng 600°C và không cao hơn điểm Ac_1) ở bước ủ thứ nhất theo phương án này tốt hơn là ngắn hơn hoặc bằng 90 giờ.

Tiếp theo bước ủ thứ nhất nêu trên, bước ủ thứ hai được mô tả chi tiết dưới đây sẽ được thực hiện. Giờ đây, khoảng thời gian giữa bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ

hai tốt hơn là ngắn nếu có thể. Tốt hơn nữa là thực hiện bước ủ thứ nhất và bước ủ thứ hai liên tiếp, thông thường bằng cách sử dụng hai lò gia nhiệt đặt bên cạnh nhau.

Bước ủ thứ hai

Bước ủ thứ hai được mô tả dưới đây là bước trong đó tấm thép sau khi trải qua bước ủ thứ nhất nêu trên được đưa vào ủ giai đoạn hai (ủ cầu hóa) trong các điều kiện xử lý nhiệt cụ thể liên quan đến nhiệt độ gia nhiệt cao hơn điểm A_{c1} .

Chi tiết hơn, bước ủ thứ hai theo phương án này là bước trong đó tấm thép sau khi trải qua bước ủ thứ nhất được gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (101) nêu trên đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , và giữ ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ. Giờ đây, các điều kiện về môi trường khí ủ ở bước ủ thứ hai có thể tương tự như các điều kiện về môi trường khí ủ ở bước ủ thứ nhất.

Tốc độ gia nhiệt trung bình: cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$

Ở bước ủ thứ hai theo phương án này, việc gia nhiệt cần được tiến hành ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, lên đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (101) nêu trên đến thấp hơn hoặc bằng 790°C . Với tốc độ gia nhiệt trung bình hạ xuống thấp hơn $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ trở nên thô một cách nhanh chóng, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ vượt quá $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm. Tốc độ làm nguội trung bình ở bước ủ thứ hai tốt hơn là cao hơn hoặc bằng $5^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$. Mặt khác, với tốc độ gia nhiệt trung bình vượt quá $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ không được cầu hóa hoàn toàn, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Tốc độ làm nguội trung bình ở bước ủ thứ hai tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng $90^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$.

Nhiệt độ gia nhiệt: từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C

Ngoài ra, như được mô tả ở trên, nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ hai theo phương án này cần nằm trong khoảng từ cao hơn điểm A_{c1} được định rõ bởi công thức

(101) nêu trên đến thấp hơn hoặc bằng 790°C . Với nhiệt độ gia nhiệt hạ đến thấp hơn hoặc bằng điểm A_{c1} , carbua sẽ không nóng chảy hoàn toàn, làm cho không thể giữ số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ đến giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 100. Giờ đây, lưu ý rằng nhiệt độ gia nhiệt càng cao ở bước ủ thứ hai, carbua nóng chảy càng nhiều. Tuy nhiên, với nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ hai cao hơn 790°C , carbua đã được cầu hóa ở bước ủ thứ nhất sẽ nóng chảy, làm cho khó kiểm soát tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0, trong tổng số carbua, đến lớn hơn hoặc bằng 10%. Do đó, ở bước ủ thứ hai theo phương án này, nhiệt độ gia nhiệt được định rõ là thấp hơn hoặc bằng 790°C . Nhiệt độ gia nhiệt ở bước ủ thứ hai tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 780°C .

Thời gian lưu giữ: ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} , đến thấp hơn hoặc bằng 790°C , là dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ

Ở bước ủ thứ hai theo phương án này, khoảng nhiệt độ nêu trên từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C và cần được giữ trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ. Với thời gian lưu giữ dưới 1 giờ, carbua sẽ không nóng chảy hoàn toàn, làm cho không thể ngăn chặn số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ đến giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 100. Thời gian lưu giữ trong khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C tốt hơn là dài hơn hoặc bằng 10 giờ. Mặt khác, với thời gian lưu giữ trong khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C lớn hơn 100 giờ, carbua sẽ nhanh chóng trở nên thô, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ lớn hơn $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm xuống. Thời gian lưu giữ trong khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C tốt hơn là ngắn hơn hoặc bằng 90 giờ.

Bước làm nguội

Bước làm nguội nêu chi tiết dưới đây là bước trong đó tấm thép, sau khi ủ ở bước ủ thứ hai, được làm nguội theo các điều kiện làm nguội cụ thể.

Chi tiết hơn, ở bước làm nguội theo phương án này, tấm thép sau khi được ủ ở bước ủ thứ hai được đưa đi làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của quá trình ủ ở bước ủ thứ hai xuống đến 550°C .

Điều kiện làm nguội: làm nguội xuống đến thấp hơn hoặc bằng 550°C ở tốc độ làm

nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$

Ở bước làm nguội theo phương án này, tấm thép sau khi được giữ ở bước ủ thứ hai được làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, xuống đến thấp hơn hoặc bằng 550°C . Với tốc độ gia nhiệt trung bình hạ xuống thấp hơn $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ trở nên thô một cách nhanh chóng, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ vượt quá $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm xuống. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là cao hơn hoặc bằng 5°C . Mặt khác, với tốc độ làm nguội trung bình vượt quá $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$, carbua sẽ không nóng chảy hoàn toàn, làm cho không thể giữ được số lượng các carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ đến giá trị nhỏ hơn hoặc bằng 100. Tốc độ làm nguội trung bình tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 90°C .

Với nhiệt độ dừng làm nguội vượt quá 550°C , carbua sẽ trở nên thô một cách nhanh chóng, đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua sẽ vượt quá $5,0\mu\text{m}$, và độ giãn đều sẽ giảm xuống. Do đó, nhiệt độ dừng làm nguội ở bước làm nguội theo phương án này được định rõ là thấp hơn hoặc bằng 550°C . Nhiệt độ dừng làm nguội tốt hơn là bằng 500°C . Lưu ý rằng giới hạn dưới của nhiệt độ dừng làm nguội không bị giới hạn cụ thể. Tuy nhiên, do làm nguội xuống đến nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ trong phòng là khó trong hoạt động thực tiễn, nên nhiệt độ trong phòng sẽ là giới hạn dưới trong thực tế. Ngoài ra, tốc độ làm nguội trung bình ở khoảng nhiệt độ dưới 550°C không bị giới hạn cụ thể, cho phép làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình có thể lựa chọn tự do.

Bước ủ thứ nhất, bước ủ thứ hai và bước làm nguội theo phương án này đã được mô tả chi tiết.

Bằng cách thực hiện bước cán nóng, bước ủ thứ nhất, bước ủ thứ hai và bước làm nguội đã giải thích ở trên, có thể sản xuất tấm thép để thấm cacbon nêu trên theo phương án này.

Lưu ý rằng, sau bước cán nóng nêu trên và trước bước ủ thứ nhất, tấm thép cán nóng tốt hơn là được đưa vào quá trình tự nhóm là một ví dụ của bước lưu giữ. Quá trình tự nhóm là bước xử lý để tạo ra nhóm cacbon hòa tan ở trạng thái rắn trong hạt tinh thể ferit. Nhóm cacbon như vậy là tập hợp của vài nguyên tử cacbon được tạo ra trong hạt tinh thể ferit, và có tác dụng như là tiền chất của carbua. Quá trình tự

nhóm được thực hiện thường bằng cách giữ tấm thép cán nóng trong khoảng không gian của môi trường khí, ở khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 40°C và thấp hơn hoặc bằng 70°C, trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 72 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 350 giờ. Bằng cách tạo ra loại nhóm cacbon này, sự hình thành carbua ở bước ủ trong giai đoạn tiếp theo sẽ được thúc đẩy hơn nữa. Kết quả là, tấm thép đã ủ sẽ có tính linh động chuyển pha được cải thiện, và sẽ có khả năng tạo hình được cải thiện.

Với nhiệt độ lưu giữ giảm xuống dưới 40°C, hoặc với thời gian lưu giữ giảm xuống dưới 72 giờ trong quá trình ủ nhóm, cacbon sẽ có thể ít khuếch tán hơn, nên sự tụ nhóm sẽ không được thúc đẩy. Trong lúc đó, với nhiệt độ lưu giữ lớn hơn 70°C, hoặc với thời gian lưu giữ lớn hơn 350 giờ, sự tụ nhóm sẽ được thúc đẩy quá mức, nên sự chuyển từ trạng thái tập hợp theo hướng carbua sẽ có thể xảy ra nhiều hơn, làm cho carbua có kích thước lớn ở bước ủ thứ nhất và ở bước ủ thứ hai và làm cho khả năng tạo hình có thể giảm xuống nhiều hơn.

Hơn nữa, do tấm thép để thấm cacbon thu được theo cách như vậy, ví dụ, có thể được đưa đi gia công nguội dưới dạng quá trình gia công sau. Hơn nữa, tấm thép để thấm cacbon được gia công nguội như vậy có thể được đưa đi xử lý nhiệt thấm cacbon, thông thường trong khoảng hàm lượng cacbon từ 0,4 đến 1,0% khối lượng. Các điều kiện để xử lý nhiệt thấm cacbon không bị giới hạn cụ thể, và có thể được kiểm soát thích hợp để nhận được các đặc tính mong muốn. Ví dụ, tấm thép để thấm cacbon có thể được gia nhiệt lên đến nhiệt độ tương ứng với pha đơn austenit, thấm cacbon, và sau đó làm nguội tự nhiên xuống đến nhiệt độ trong phòng; hoặc có thể được làm nguội một lần xuống đến nhiệt độ trong phòng, gia nhiệt lại và sau đó nhanh chóng tôi. Hơn nữa, đối với mục đích kiểm soát độ bền, toàn bộ phần hoặc một phần của bộ phận có thể được ram. Ngoài ra, tấm thép này có thể được phủ trên bề mặt với mục đích thu được tác dụng chống gỉ, hoặc có thể được đưa vào bước làm sạch bằng cách phun bi trong một thời gian ngắn trên bề mặt cho mục đích cải thiện các đặc tính bền mỏi.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tiếp theo, các ví dụ của sáng chế sẽ được giải thích. Lưu ý rằng các điều kiện được mô tả trong các ví dụ chỉ là các điều kiện lấy làm ví dụ được sử dụng để xác nhận tính khả thi và các hiệu quả của sáng chế. Sáng chế không bị giới hạn ở các điều

kiện lấy làm ví dụ này. Sáng chế có thể sử dụng các điều kiện khác mà không đi trệch khỏi tinh thần của sáng chế, trong phạm vi đạt được mục đích của sáng chế.

Ví dụ thử nghiệm 1

Các vật liệu thép có thành phần hóa học được liệt kê trong bảng 1 dưới đây được cán nóng (và cán nguội) theo các điều kiện được liệt kê trong bảng 2, và sau đó ủ, để thu được các tấm thép để thấm cacbon. Ở ví dụ thử nghiệm này, quá trình ủ nhóm nêu trên không được thực hiện giữa bước cán nóng và bước ủ thứ nhất. Lưu ý rằng trong bảng 1 và bảng 2 dưới đây, các phần được gạch chân được sử dụng để chỉ ra độ lệch so với phạm vi của sáng chế. Cũng lưu ý rằng “tốc độ làm nguội trung bình” ở “bước làm nguội” trong bảng 2 nghĩa là tốc độ làm nguội trung bình trên khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của bước ủ thứ hai xuống đến 550°C.

Bảng 1-1

Số	Thành phần hóa học của tám thép nền (theo % khối lượng, phần còn lại là Fe và các tạp chất)																			Ac ₁ (°C)	Chú thích	
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Ti	Cr	Mo	Ni	Cu	Co	Nb	V	B	Sn	W	Ca			REM
1	0,03	0,010	0,17	0,014	0,0036	0,0130	0,0050	0,019	0,030	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0008	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	746	
2	0,07	0,007	0,40	0,017	0,0055	0,0150	0,0046	0,043	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	
3	0,15	0,010	0,68	0,012	0,0042	0,0110	0,0057	0,011	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	738	
4	0,06	0,100	1,58	0,013	0,0016	0,0570	0,0034	0,075	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	723	
5	0,23	0,050	2,50	0,008	0,0120	0,0320	0,0100	0,004	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	711	Thép so sánh
6	0,25	0,260	0,46	0,007	0,0052	0,0290	0,0162	0,011	1,089	0,610	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	778	
7	0,01	0,010	0,58	0,018	0,0050	0,0160	0,0040	0,029	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	Thép so sánh
8	0,08	0,020	0,65	0,015	0,0042	0,0130	0,0051	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	739	
9	0,16	0,020	0,62	0,017	0,0051	0,0130	0,0039	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	737	
10	0,28	0,030	0,63	0,015	0,0060	0,0140	0,0045	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	734	
11	0,39	0,020	0,49	0,015	0,0059	0,0130	0,0042	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	733	Thép so sánh
12	0,08	0,001	0,58	0,014	0,0050	0,0140	0,0041	0,013	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	740	Thép so sánh
13	0,05	1,220	0,48	0,019	0,0053	0,0160	0,0046	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	762	Thép so sánh
14	0,05	0,030	3,43	0,016	0,0054	0,0120	0,0043	0,012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	708	Thép so sánh
15	0,08	0,010	0,008	0,016	0,0046	0,0130	0,0046	0,077	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	746	Thép so sánh
16	0,08	0,030	0,39	0,018	0,0041	0,0110	0,0049	0,006	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	743	Thép so sánh
17	0,08	0,030	0,39	0,018	0,0041	0,0110	0,0049	0,195	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	Thép so sánh
18	0,07	0,010	0,38	0,016	0,0054	0,0190	0,0044	0,057	1,210	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	770	
19	0,06	0,020	0,38	0,017	0,0049	0,0130	0,0044	0,027	0,000	0,620	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	757	
20	0,09	0,020	0,39	0,019	0,0059	0,0170	0,0044	0,049	0,000	0,000	0,015	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	

21	0,08	0,010	0,55	0,016	0,0055	0,0110	0,0046	0,025	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	740	
22	0,08	0,030	0,37	0,017	0,0051	0,0120	0,0048	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	743	
23	0,07	0,020	0,45	0,018	0,0046	0,0110	0,0047	0,026	0,000	0,000	0,000	0,000	0,032	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	749	
24	0,08	0,010	0,36	0,015	0,0052	0,0140	0,0041	0,015	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	741	
25	0,06	0,030	0,37	0,018	0,0053	0,0130	0,0048	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0012	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	
26	0,07	0,020	0,57	0,014	0,0048	0,0160	0,0043	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	740	
27	0,08	0,020	0,46	0,016	0,0051	0,0180	0,0050	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	741	
28	0,08	0,020	0,44	0,017	0,0056	0,0150	0,0039	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	741	
29	0,07	0,030	0,49	0,015	0,0051	0,0140	0,0051	0,076	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	741	

Bảng 1-2

Số	Thành phần hóa học của tấm thép nền (theo % khối lượng, phần còn lại là Fe và các tạp chất)																				Ac ₁ (°C)	Chú thích
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Ti	Cr	Mo	Ni	Cu	Co	Nb	V	B	Sn	W	Ca	REM		
	30	0,05	0,460	0,43	0,014	0,0055	0,0159	0,0046	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	750	
	31	0,07	0,009	0,02	0,014	0,0058	0,0141	0,0047	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	746	
	32	0,06	0,006	2,88	0,015	0,0057	0,0157	0,0048	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	713	
	33	0,09	0,005	0,41	0,084	0,0057	0,0157	0,0049	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	34	0,06	0,009	0,44	0,017	0,0910	0,0160	0,0049	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	35	0,09	0,005	0,40	0,014	0,0051	0,0004	0,0042	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	744	
	36	0,09	0,005	0,43	0,014	0,0053	2,7900	0,0051	0,048	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	584	
	37	0,06	0,006	0,39	0,021	0,0052	0,0145	0,0003	0,041	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	
	38	0,08	0,008	0,42	0,019	0,0058	0,0149	0,1800	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	39	0,08	0,008	0,42	0,018	0,0051	0,0152	0,0047	0,140	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	40	0,06	0,009	0,43	0,020	0,0055	0,0149	0,0043	0,040	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	
	41	0,07	0,009	0,44	0,020	0,0059	0,0143	0,0051	0,047	2,770	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	781	
	42	0,07	0,005	0,38	0,021	0,0050	0,0153	0,0041	0,042	0,000	0,007	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	
	43	0,08	0,009	0,37	0,015	0,0051	0,0160	0,0041	0,038	0,000	0,960	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	763	
	44	0,09	0,009	0,36	0,016	0,0059	0,0151	0,0048	0,047	0,000	0,000	0,030	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	45	0,08	0,008	0,43	0,013	0,0059	0,0160	0,0049	0,038	0,000	0,000	2,930	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	674	
	46	0,06	0,007	0,41	0,017	0,0059	0,0157	0,0041	0,045	0,000	0,000	0,000	0,003	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	
	47	0,06	0,005	0,40	0,013	0,0053	0,0148	0,0043	0,040	0,000	0,000	0,000	1,950	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	697	
	48	0,08	0,006	0,40	0,018	0,0051	0,0144	0,0045	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,004	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	741	
	49	0,05	0,005	0,41	0,020	0,0059	0,0145	0,0042	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	1,880	0,000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	742	

50	0,06	0,006	0,36	0,020	0,0053	0,0142	0,0046	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	749	
51	0,09	0,005	0,40	0,020	0,0052	0,0157	0,0043	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	771	
52	0,05	0,005	0,41	0,017	0,0050	0,0150	0,0048	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	
53	0,08	0,008	0,39	0,018	0,0051	0,0150	0,0049	0,038	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	704	
54	0,07	0,009	0,38	0,016	0,0054	0,0150	0,0045	0,042	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	734	
55	0,06	0,009	0,37	0,019	0,0050	0,0159	0,0041	0,046	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	
56	0,07	0,009	0,38	0,015	0,0052	0,0160	0,0046	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	
57	0,07	0,008	0,38	0,016	0,0053	0,0144	0,0043	0,040	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	
58	0,05	0,005	0,43	0,018	0,0055	0,0140	0,0045	0,039	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	742	

Bảng 2-1

Số	Thép số	Cán nóng			Cán nguội	Nồng độ nito trong môi trường khí ù (%)	Bước ủ thứ nhất			Bước ủ thứ hai			Bước làm nguội	Độ dày (mm)	Chú thích
		Nhiệt độ cán tinh (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)			Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)	Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)			
1	1	905	81	545	—	7	31	655	33	31	751	33	34	5,3	Ví dụ
2	2	842	94	584	—	6	15	656	20	15	753	20	17	5,3	Ví dụ
3	3	852	90	555	—	6	26	638	48	26	749	48	34	5,3	Ví dụ
4	4	841	86	565	—	4	30	646	37	30	736	37	36	4,3	Ví dụ
5	5	872	93	570	—	6	11	654	0	11	755	4	54	5,2	Ví dụ so sánh
6	6	890	45	510	—	5	99	705	36	5	760	10	10	5,2	Ví dụ so sánh
7	7	857	71	520	—	2	20	658	43	20	768	43	40	5,0	Ví dụ so sánh
8	8	846	78	678	—	6	44	658	71	44	777	71	29	5,1	Ví dụ
9	9	837	83	641	—	7	32	644	84	32	750	84	33	5,4	Ví dụ
10	10	896	74	615	—	5	31	641	79	31	772	79	21	5,0	Ví dụ
11	11	848	96	608	—	6	21	641	68	21	762	68	29	4,7	Ví dụ so sánh
12	12	852	87	596	—	5	44	658	63	44	768	63	28	5,5	Ví dụ so sánh
13	13	865	79	630	—	7	35	676	30	35	760	30	40	4,3	Ví dụ so sánh
14	14	905	91	535	—	3	38	615	20	38	764	20	44	4,2	Ví dụ so sánh
15	15	886	101	628	—	6	24	660	47	24	756	47	26	4,8	Ví dụ so sánh
16	16	855	82	618	—	6	24	652	30	24	762	30	32	4,8	Ví dụ so sánh
17	17	855	82	618	—	6	24	652	30	24	762	30	32	4,8	Ví dụ so sánh
18	18	846	91	575	—	4	33	678	80	33	776	80	34	3,9	Ví dụ

19	19	881	90	573	—	5	15	667	83	15	767	83	40	5,3	Ví dụ
20	20	847	76	660	—	6	26	606	63	26	764	63	28	4,2	Ví dụ
21	21	844	89	658	—	4	15	636	21	15	776	21	21	5,1	Ví dụ
22	22	869	86	677	—	5	20	648	79	20	752	79	23	3,9	Ví dụ
23	23	886	75	621	—	2	28	674	33	28	769	33	16	4,4	Ví dụ
24	24	891	100	593	—	5	28	646	29	28	779	29	36	5,0	Ví dụ
25	25	838	84	604	—	5	22	656	85	22	756	85	31	5,5	Ví dụ
26	26	847	75	550	—	4	24	653	59	24	774	59	43	5,1	Ví dụ
27	27	835	87	566	—	4	35	650	56	35	773	56	35	5,2	Ví dụ
28	28	860	78	541	—	3	31	653	19	31	778	19	39	4,3	Ví dụ
29	29	898	87	558	—	4	43	661	60	43	775	60	31	5,4	Ví dụ
30	30	847	96	572	—	8	31	656	57	41	763	34	29	5,1	Ví dụ
31	31	847	94	591	—	6	28	660	56	44	764	46	34	5,5	Ví dụ
32	32	840	94	598	—	5	30	650	57	26	755	24	40	5,4	Ví dụ
33	33	832	102	567	—	10	12	661	54	21	750	46	44	5,3	Ví dụ
34	34	835	90	583	—	6	33	667	54	12	770	50	43	5,4	Ví dụ

Bảng 2-2

Số	Thép số	Cán nóng			Cán nguội	Nồng độ nitơ trong môi trường khí ù (%)	Bước ủ thứ nhất			Bước ủ thứ hai			Bước làm nguội	Độ dày (mm)	Chú thích
		Nhiệt độ cán tinh (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)			Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian giữ (giờ)	Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)			
35	35	833	92	580	—	10	42	649	55	32	750	45	14	5,2	Ví dụ
36	36	839	94	585	—	6	36	560	60	25	733	33	54	5,1	Ví dụ
37	37	841	97	602	—	10	38	658	47	38	762	34	53	5,5	Ví dụ
38	38	843	85	604	—	7	18	657	42	30	762	45	16	5,1	Ví dụ
39	39	844	103	583	—	5	42	667	46	34	751	35	53	5,2	Ví dụ
40	40	837	90	586	—	6	11	661	55	39	751	29	40	5,4	Ví dụ
41	41	832	90	580	—	8	25	668	46	38	785	27	20	5,2	Ví dụ
42	42	848	103	565	—	4	29	650	46	30	752	23	49	5,3	Ví dụ
43	43	851	94	594	—	10	35	662	53	32	770	36	40	5,3	Ví dụ
44	44	851	97	581	—	5	28	671	58	21	767	17	44	5,1	Ví dụ
45	45	851	88	595	—	9	39	673	40	18	758	24	50	5,3	Ví dụ
46	46	838	104	600	—	6	18	668	56	14	756	49	24	5,2	Ví dụ
47	47	837	102	565	—	6	32	669	57	43	744	27	44	5,1	Ví dụ
48	48	850	92	579	—	5	30	673	56	42	749	29	54	5,5	Ví dụ
49	49	850	87	577	—	4	27	658	58	19	768	27	16	5,4	Ví dụ
50	50	835	85	602	—	10	21	663	43	18	771	33	31	5,1	Ví dụ
51	51	845	100	566	—	6	18	664	51	15	785	20	39	5,2	Ví dụ
52	52	851	91	567	—	9	42	671	42	36	758	34	43	5,3	Ví dụ

53	53	832	92	567	—	7	13	659	55	25	764	33	44	5,3	Ví dụ
54	54	851	97	577	—	9	38	676	58	42	746	23	39	5,1	Ví dụ
55	55	846	84	578	—	4	44	659	58	35	755	31	29	5,1	Ví dụ
56	56	838	96	591	—	6	44	674	49	25	749	48	21	5,4	Ví dụ
57	57	852	87	591	—	10	22	650	51	38	750	26	53	5,2	Ví dụ
58	58	841	86	566	—	5	16	666	40	31	752	24	42	5,5	Ví dụ
59	2	<u>941</u>	82	597	—	7	42	671	26	42	766	26	44	3,8	Ví dụ so sánh
60	2	881	75	621	—	4	34	663	51	34	756	51	15	4,4	Ví dụ
61	2	<u>782</u>	105	574	—	6	29	652	45	29	751	45	30	4,2	Ví dụ so sánh
62	2	888	<u>281</u>	607	—	4	29	652	45	29	752	45	30	4,2	Ví dụ so sánh
63	2	871	152	645	—	4	29	652	45	29	762	45	30	4,2	Ví dụ
64	2	885	76	655	—	3	29	652	45	29	750	45	30	4,2	Ví dụ
65	2	898	<u>42</u>	574	—	3	29	652	45	29	755	45	30	4,2	Ví dụ so sánh
66	2	904	102	<u>761</u>	—	6	23	657	61	23	760	61	42	4,7	Ví dụ so sánh
67	2	874	89	542	—	2	24	653	22	24	754	22	32	5,4	Ví dụ

Bảng 2-3

Số	Thép số	Cán nóng			Cán nguội	Nồng độ nitơ trong môi trường khí ù (%)	Bước ủ thứ nhất			Bước ủ thứ hai			Bước làm nguội	Độ dày (mm)	Chú thích
		Nhiệt độ cán tinh (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)			Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)	Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)			
68	2	884	98	636	51	6	34	651	50	34	755	50	25	2,8	Ví dụ
69	2	874	80	520	—	<u>76</u>	29	654	37	29	775	37	27	4,3	Ví dụ so sánh
70	2	882	93	561	—	5	40	670	45	40	757	45	22	4,4	Ví dụ
71	2	879	79	616	—	6	<u>124</u>	656	75	33	765	75	33	4,6	Ví dụ so sánh
72	2	900	101	643	—	2	33	654	80	21	754	80	20	3,9	Ví dụ
73	2	862	85	673	—	2	<u>0,5</u>	665	70	31	758	70	41	4,6	Ví dụ so sánh
74	2	864	71	554	—	5	19	<u>771</u>	56	19	772	56	34	4,5	Ví dụ so sánh
75	2	860	75	570	—	6	42	681	74	42	767	74	18	4,2	Ví dụ
76	2	889	76	555	—	4	35	670	<u>151</u>	35	769	35	31	5,5	Ví dụ so sánh
77	2	870	83	562	—	2	24	661	67	24	753	67	31	5,2	Ví dụ
78	2	882	82	686	—	4	23	654	<u>0,1</u>	23	776	31	27	5,4	Ví dụ so sánh
79	2	858	76	685	—	2	25	656	75	<u>155</u>	771	75	33	4,6	Ví dụ so sánh
80	2	837	86	565	—	6	21	654	80	36	772	80	20	3,9	Ví dụ
81	2	852	101	669	—	4	2	665	70	<u>0,3</u>	753	70	41	4,6	Ví dụ so sánh
82	2	877	77	546	—	7	19	654	56	19	<u>815</u>	56	34	4,5	Ví dụ so sánh
83	2	904	86	597	—	5	42	652	74	42	764	74	18	4,2	Ví dụ
84	2	904	86	597	—	5	42	652	74	6	<u>658</u>	74	18	4,2	Ví dụ so sánh
85	2	889	72	674	—	6	32	614	68	32	758	68	22	4,5	Ví dụ

86	2	881	91	588	—	2	35	670	55	35	758	166	31	5,5	Ví dụ so sánh
87	2	904	82	635	—	5	24	661	67	24	756	67	31	5,2	Ví dụ
88	2	904	78	535	—	3	23	654	51	23	776	0,4	27	5,4	Ví dụ so sánh
89	2	894	102	681	—	2	32	652	82	32	765	82	147	4,4	Ví dụ so sánh
90	2	881	83	629	—	4	20	655	44	20	762	44	34	4,6	Ví dụ
91	2	869	84	642	—	6	19	666	37	19	755	37	0,8	5,2	Ví dụ so sánh
92	2	880	83	623	—	5	18	655	45	20	755	36	38	4,6	Ví dụ
93	2	858	70	567	—	7	46	730	66	50	776	76	28	4,3	Ví dụ
94	2	874	88	558	—	2	15	644	89	38	763	58	40	5,4	Ví dụ
95	2	874	81	569	—	2	21	658	4	27	756	63	35	5,3	Ví dụ
96	2	905	83	590	—	7	41	645	76	41	785	78	17	4,4	Ví dụ
97	2	901	85	607	—	7	35	645	69	61	749	74	25	4,2	Ví dụ
98	2	903	82	639	—	6	17	659	61	40	760	92	26	5,1	Ví dụ
99	2	905	80	636	—	6	30	661	58	23	746	3	26	5,0	Ví dụ
100	2	860	69	579	—	7	44	659	69	45	778	72	94	4,2	Ví dụ

Đối với mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon thu được như vậy, đo (1) mật độ số lượng của carbua, (2) tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dạng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 trong tổng số carbua, và (3) đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua, và (4) kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit, theo phương pháp được mô tả trước đây.

Ngoài ra, để đánh giá độ giãn đều và độ giãn cục bộ của mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon thu được như vậy, thử nghiệm kéo được tiến hành. Tấm thép được mài từ các mặt trên cùng và mặt sau để loại bỏ các lượng bằng nhau để được làm cho mỏng đến 2mm từ đó tạo ra mẫu thử số 5 được mô tả trong JIS Z2201, và sau đó thử nghiệm kéo được tiến hành theo phương pháp được mô tả trong JIS Z2241 để đo độ bền kéo, độ giãn đều và độ giãn cục bộ. Lưu ý rằng, đối với trường hợp ở đó độ giãn điểm rão xuất hiện, độ giãn đều được xác định bằng giá trị đưa ra bằng cách trừ đi độ giãn điểm rão từ độ giãn đều.

Để tham khảo, đường kính tới hạn lý tưởng, là chỉ số đối với khả năng tôi cứng sau khi thấm cacbon, được tính. Đường kính tới hạn lý tưởng D_i là một chỉ số được tính từ các thành phần của tấm thép, và có thể được xác định bằng công thức (201) theo phương pháp Grossmann/Hollomon, Jaffe. Giá trị của đường kính tới hạn lý tưởng D_i càng lớn thì khả năng tôi cứng càng tuyệt vời hơn.

$$D_i = (6,77 \times [C]^{0,5}) \times (1 + 0,64 \times [Si]) \times (1 + 4,1 \times [Mn]) \times (1 + 2,83 \times [P]) \times (1 - 0,62 \times [S]) \times (1 + 0,27 \times [Cu]) \times (1 + 0,52 \times [Ni]) \times (1 + 2,33 \times [Cr]) \times (1 + 3,14 \times [Mo]) \times X$$

$$\text{Đối với } [B] = 0 : X = 1$$

$$\text{Đối với } [B] > 0 : X = 1 + 1,5 \times (0,9 - [C])$$

... Công thức (201)

Trong ví dụ thử nghiệm này, các tấm thép để thấm cacbon thể hiện độ bền kéo $\times$ độ giãn đều (Mpa.%) lớn hơn hoặc bằng 6500, và độ bền kéo $\times$ độ giãn cục bộ (Mpa.%) lớn hơn hoặc bằng 7000 được chấp nhận là “các ví dụ” trội hơn về tính dẻo.

Cấu trúc tế vi và các đặc tính của các tấm thép để thấm cacbon riêng rẽ thu được theo cách như vậy được tổng hợp chọn lọc trong bảng 3 dưới đây.

Bảng 3-1

Số Thép số	Cấu trúc tế vi					Đặc tính cơ học				Khả năng tôi cứng	Chú thích
	Số lượng carbua trên mỗi 1000 μm^2 của tấm thép (số đếm)	Tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 (%)	Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua (μm)	Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit (μm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn đều (%)	Độ giãn cục bộ (%)	Độ bền kéo $\times$ độ giãn đều (MPa·%)	Độ bền kéo $\times$ độ giãn cục bộ (MPa·%)		
1	32	33	2,4	5,1	330	21	22	7767	8142	5,2	Ví dụ
2	76	40	1,8	5,1	330	21	25	7115	7680	11,7	Ví dụ
3	78	44	1,9	6,5	365	20	23	6711	7211	22,9	Ví dụ
4	83	40	0,9	5,8	395	19	21	7431	7780	32,3	Ví dụ
5	<u>145</u>	73	0,6	<u>40,0</u>	652	8	8	<u>4891</u>	<u>5019</u>	38,3	Ví dụ so sánh
6	76	22	0,9	<u>19,3</u>	390	17	13	6736	<u>5180</u>	235,9	Ví dụ so sánh
7	21	37	1,6	5,1	251	30	16	7507	<u>4109</u>	2,4	Ví dụ so sánh
8	65	36	2,0	4,5	341	22	25	7537	8370	7,4	Ví dụ
9	77	30	0,9	4,6	379	18	19	6694	7154	10,1	Ví dụ
10	91	24	2,5	8,7	571	12	13	6914	7491	13,6	Ví dụ
11	95	29	<u>6,9</u>	5,0	691	7	10	<u>4519</u>	7034	13,4	Ví dụ so sánh
12	<u>129</u>	42	1,1	6,9	332	12	24	<u>4125</u>	7964	6,7	Ví dụ so sánh
13	61	20	<u>12,5</u>	5,9	351	11	22	<u>3965</u>	7872	8,4	Ví dụ so sánh
14	<u>154</u>	23	0,8	9,1	353	13	22	<u>4682</u>	7916	24,2	Ví dụ so sánh
15	64	36	<u>16,2</u>	6,5	356	10	22	<u>3478</u>	7803	2,1	Ví dụ so sánh
16	62	21	2,5	<u>17,2</u>	356	21	16	7592	<u>5542</u>	5,3	Ví dụ so sánh
17	62	21	<u>7,8</u>	5,9	356	16	21	<u>5873</u>	7528	5,3	Ví dụ so sánh
18	77	37	2,5	9,0	369	20	21	7432	7683	18,3	Ví dụ

19	19	74	35	0,6	7,0	389	20	22	7724	8459	13,2	Ví dụ
20	20	77	42	1,7	7,9	344	20	24	7040	8201	5,7	Ví dụ
21	21	78	33	0,9	8,6	332	24	23	7817	7638	6,6	Ví dụ
22	22	66	34	1,2	6,4	330	22	24	7184	7794	5,1	Ví dụ
23	23	66	43	1,9	4,5	387	19	20	7177	7642	5,4	Ví dụ
24	24	77	38	1,4	5,9	353	22	22	7790	7643	5,0	Ví dụ
25	25	75	21	2,3	5,8	391	20	22	7986	8490	10,1	Ví dụ
26	26	74	33	1,7	9,5	372	21	21	7905	7952	6,3	Ví dụ
27	27	61	20	0,8	6,1	393	19	21	7404	8320	5,8	Ví dụ
28	28	80	45	0,8	6,9	340	22	23	7632	7801	5,7	Ví dụ
29	29	63	33	1,4	9,3	367	22	22	7898	7948	5,7	Ví dụ
30	30	98	42	1,4	5,5	394	17	20	6698	7900	4,8	Ví dụ
31	31	80	38	1,9	4,6	386	23	19	8801	7334	2,2	Ví dụ
32	32	96	45	1,4	5,5	391	17	25	6647	9795	24,4	Ví dụ
33	33	79	34	1,9	5,0	409	18	18	7280	7362	7,5	Ví dụ
34	34	72	43	1,5	5,0	379	20	19	7504	7201	5,1	Ví dụ

Bảng 3-2

Số	Thép số	Cấu trúc tế vi				Đặc tính cơ học					Khả năng tối cứng	Chú thích
		Số lượng carbua trên mỗi 1000 μm^2 của tấm thép (số đếm)	Tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 (%)	Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua (μm)	Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit (μm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn đều (%)	Độ giãn cục bộ (%)	Độ bền kéo × độ giãn đều (MPa·%)	Độ bền kéo × độ giãn cục bộ (MPa·%)		
35	35	75	40	2,1	5,6	359	24	20	8544	7180	6,1	Ví dụ
36	36	72	39	1,8	4,6	383	17	23	6511	8828	6,5	Ví dụ
37	37	79	30	2,1	5,6	384	21	27	7987	10368	5,0	Ví dụ
38	38	74	44	1,6	4,7	394	22	18	8589	7092	6,1	Ví dụ
39	39	80	44	2,0	4,6	391	19	18	7351	7038	7,3	Ví dụ
40	40	79	37	1,9	5,0	393	24	19	9353	7467	5,4	Ví dụ
41	41	77	45	1,6	5,0	414	21	18	8611	7452	57,2	Ví dụ
42	42	77	41	1,8	4,8	398	20	20	7880	7960	5,3	Ví dụ
43	43	80	42	2,0	5,0	410	18	19	7298	7790	8,2	Ví dụ
44	44	80	30	1,9	4,7	369	18	21	6568	7749	5,9	Ví dụ
45	45	77	30	1,6	5,5	396	22	19	8633	7524	10,7	Ví dụ
46	46	72	34	2,0	5,5	384	19	22	7219	8448	5,2	Ví dụ
47	47	76	40	1,6	5,1	389	21	20	8091	7780	5,0	Ví dụ
48	48	79	37	2,2	4,8	392	24	21	9330	8232	5,8	Ví dụ
49	49	79	33	1,5	5,2	400	20	19	7920	7600	4,7	Ví dụ
50	50	75	39	1,6	5,6	399	19	21	7501	8379	4,8	Ví dụ
51	51	73	35	1,8	5,5	380	20	20	7524	7600	6,2	Ví dụ
52	52	80	45	2,0	5,4	371	21	22	7717	8162	4,7	Ví dụ

53	53	75	42	2,2	5,6	384	18	19	6835	7296	5,7	Ví dụ
54	54	76	45	2,2	5,3	388	25	19	9700	7391	11,8	Ví dụ
55	55	78	41	1,5	4,7	403	18	18	7173	7254	4,9	Ví dụ
56	56	74	36	2,1	4,8	387	21	19	8050	7353	5,2	Ví dụ
57	57	72	40	1,4	5,1	382	22	19	8328	7258	5,2	Ví dụ
58	58	74	33	2,2	5,3	405	21	19	8424	7695	4,8	Ví dụ
59	2	80	36	1,7	<u>14,6</u>	338	21	19	7239	<u>6436</u>	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
60	2	61	37	1,2	6,0	392	18	21	7164	8193	11,7	Ví dụ
61	2	64	35	<u>8,6</u>	6,9	384	15	20	<u>5897</u>	7549	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
62	2	69	31	1,9	<u>12,9</u>	396	18	17	7245	<u>6542</u>	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
63	2	67	28	2,5	7,1	363	20	21	7246	7737	11,7	Ví dụ
64	2	66	30	1,2	7,6	392	19	21	7556	8048	11,7	Ví dụ
65	2	62	44	1,7	<u>11,9</u>	402	19	17	7651	<u>6694</u>	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
66	2	71	<u>4</u>	2,1	4,9	352	17	23	<u>6142</u>	8000	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
67	2	80	29	0,7	7,7	366	22	21	7877	7754	11,7	Ví dụ

Bảng 3-3

Số	Thép số	Cấu trúc tế vi				Đặc tính cơ học					Khả năng tối cứng	Chú thích
		Số lượng carbua trên mỗi 1000 μm^2 của tấm thép (số đếm)	Tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 (%)	Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua (μm)	Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit (μm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn đều (%)	Độ giãn cục bộ (%)	Độ bền kéo độ giãn đều (MPa·%)	Độ bền kéo độ giãn cục bộ (MPa·%)		
68	2	75	43	2,1	8,0	370	21	21	7612	7644	11,7	Ví dụ
69	2	72	42	<u>12,4</u>	8,9	390	15	21	<u>5971</u>	8333	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
70	2	66	41	2,2	4,7	333	22	25	7380	8230	11,7	Ví dụ
71	2	65	<u>2</u>	1,6	7,5	357	12	22	<u>4456</u>	7862	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
72	2	61	32	1,0	4,8	358	21	22	7443	7733	11,7	Ví dụ
73	2	64	30	<u>8,2</u>	4,8	392	13	20	<u>4986</u>	7768	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
74	2	68	<u>2</u>	0,7	5,0	371	15	21	<u>5638</u>	7811	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
75	2	65	38	1,4	7,5	353	22	21	7917	7557	11,7	Ví dụ
76	2	64	44	<u>9,2</u>	9,1	354	14	24	<u>4962</u>	8470	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
77	2	72	31	1,5	8,9	386	20	20	7669	7536	11,7	Ví dụ
78	2	72	<u>6</u>	0,6	4,9	331	18	23	<u>5999</u>	7646	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
79	2	71	<u>8</u>	1,3	5,2	400	16	21	<u>6221</u>	8214	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
80	2	66	24	0,7	7,1	387	20	22	7739	8432	11,7	Ví dụ
81	2	65	30	<u>6,9</u>	4,6	403	16	20	<u>6321</u>	8065	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
82	2	80	<u>6</u>	1,2	8,4	372	16	22	<u>5988</u>	8018	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
83	2	79	33	1,2	4,5	355	22	23	7731	8049	11,7	Ví dụ
84	2	<u>166</u>	33	1,2	4,5	355	17	23	<u>5964</u>	8220	11,7	<u>Ví dụ so sánh</u>
85	2	72	38	2,5	7,2	393	19	20	7414	7757	11,7	Ví dụ

86	2	64	5	2,3	9,5	335	19	23	6222	7642	11,7	Ví dụ so sánh
87	2	62	27	1,2	6,1	335	22	24	7386	8014	11,7	Ví dụ
88	2	126	41	0,7	8,1	390	16	21	6147	8250	11,7	Ví dụ so sánh
89	2	115	20	2,5	8,0	333	19	24	6344	8079	11,7	Ví dụ so sánh
90	2	67	23	1,5	9,5	405	18	19	7489	7841	11,7	Ví dụ
91	2	71	20	5,6	8,3	405	16	21	6422	8414	11,7	Ví dụ so sánh
92	2	70	24	1,8	9,1	395	18	21	7230	8324	11,7	Ví dụ
93	2	79	12	1,8	5,5	380	18	25	6840	9519	11,7	Ví dụ
94	2	75	40	4,8	5,0	393	17	25	6681	9845	11,7	Ví dụ
95	2	80	14	1,8	4,7	391	17	21	6647	8231	11,7	Ví dụ
96	2	79	18	2,0	4,7	376	18	24	6768	9043	11,7	Ví dụ
97	2	89	37	1,6	5,5	379	18	22	6822	8357	11,7	Ví dụ
98	2	75	35	4,5	5,6	400	17	24	6800	9620	11,7	Ví dụ
99	2	95	40	1,4	5,3	384	17	25	6528	9619	11,7	Ví dụ
100	2	91	31	1,8	5,5	381	18	24	6858	9144	11,7	Ví dụ

Như rõ ràng từ bảng 3 ở trên, các tấm thép để thấm cacbon theo các ví dụ của sáng chế được phát hiện là có độ bền kéo $\times$ độ giãn đều (Mpa.%) lớn hơn hoặc bằng 6500, và độ bền kéo $\times$ độ giãn cục bộ (Mpa.%) lớn hơn hoặc bằng 7000, có tính dẻo rất tốt. Ngoài ra, đường kính tới hạn lý tưởng, được mô tả để tham khảo, được phát hiện là lớn hơn hoặc bằng 5, cho biết rằng các tấm thép để thấm cacbon theo các ví dụ của sáng chế cũng trội hơn về khả năng tôi cứng.

Trong lúc đó, như rõ ràng từ bảng 3 ở trên, các tấm thép để thấm cacbon theo các ví dụ so sánh của sáng chế được phát hiện là có độ bền kéo $\times$ độ giãn đều, hoặc, độ bền kéo $\times$ độ giãn cục bộ hạ xuống thấp hơn các giá trị chuẩn, chỉ có tính dẻo kém.

Ví dụ thử nghiệm 2

Các vật liệu thép có thành phần hóa học được liệt kê trong bảng 4 dưới đây được cán nóng (và cán nguội) theo các điều kiện được liệt kê trong bảng 5, và sau đó ủ, để thu được các tấm thép để thấm cacbon. Trong ví dụ thử nghiệm này, mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon, đã trải qua hoặc không trải qua, quá trình tự nhóm nêu trên giữa bước cán nóng và bước ủ thứ nhất được kiểm tra. Lưu ý rằng “tốc độ làm nguội trung bình” ở “bước làm nguội” trong bảng 5 nghĩa là tốc độ làm nguội trung bình trên khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ tại điểm cuối của bước ủ thứ hai xuống đến 550°C. Cũng lưu ý rằng quá trình tự nhóm được thực hiện bằng cách giữ các tấm thép cán nóng trong khoảng không gian của môi trường khí ở 55°C trong 105 giờ. Như rõ ràng từ bảng 5 dưới đây, các bước quá trình riêng rẽ, ngoại trừ sự có mặt hoặc không có mặt của quá trình tự nhóm, được thực hiện gần như trong cùng các điều kiện.

Bảng 4

Thành phần hóa học của tấm thép nền (theo % khối lượng, phần còn lại là Fe và các tạp chất)																					Ac ₁ (°C)
Số																					
	C	Si	Mn	P	S	sol.Al	N	Ti	Cr	Mo	Ni	Cu	Co	Nb	V	B	Sn	W	Ca	REM	
59	0,07	0,007	0,40	0,017	0,0055	0,0150	0,0046	0,043	0,020	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000	

Bảng 5

Số	Thép số	Cán nóng			Sự có mặt hoặc vắng mặt của quá trình tự nhóm	Cán nguội		Nồng độ nitơ trong môi trường khí (%)	Bước ủ thứ nhất			Bước ủ thứ hai			Bước làm nguội	Độ dày (mm)	Chú thích
		Nhiệt độ cán tinh (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)	Nhiệt độ cuộn (°C)		Độ côn ở bước cán nguội (%)	Độ côn ở bước cán nguội (%)		Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)	Tốc độ gia nhiệt trung bình (°C/giờ)	Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Thời gian lưu giữ (giờ)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giờ)		
101	59	840	85	571	×	—	—	6	12	660	26	16	749	32	20	5,2	Ví dụ
102		835	91	588	O	—	—	6	14	654	32	19	755	35	22	5,2	Ví dụ

Mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon thu được như vậy được đưa vào nhiều quá trình đánh giá khác nhau theo cùng một cách như trong ví dụ thử nghiệm 1 nêu trên. Hơn nữa trong ví dụ thử nghiệm này, các phép đo được thực hiện trên carbua trong cấu trúc tế vi, về các giá trị tối đa và tối thiểu của đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua, và sự chênh lệch giữa các giá trị tối đa và tối thiểu, ngoài các mục đã được đo trong ví dụ thử nghiệm 1. Ngoài ra, để đánh giá khả năng gia công nguội của mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon thu được như vậy, trong ví dụ thử nghiệm này, thử nghiệm nong rộng lỗ được tiến hành theo JIS Z 2256 (Vật liệu kim loại - Thử nghiệm nong rộng lỗ) ngoài các mục đánh giá đã được đo trong ví dụ thử nghiệm 1. Mẫu thử nghiệm được lấy mẫu từ mỗi tấm thép trong số các tấm thép để thấm cacbon thu được ở vị trí có thể lựa chọn tự do, và tỷ lệ nong rộng lỗ được tính theo phương pháp và công thức được định rõ trong JIS Z 2256. Trong ví dụ thử nghiệm này, các trường hợp trong đó tỷ lệ nong rộng lỗ được phát hiện là lớn hơn hoặc bằng 80% được cho là thể hiện khả năng biến dạng cao tốt và được chấp nhận là “các ví dụ”.

Cấu trúc tế vi và các đặc tính của các tấm thép để thấm cacbon riêng rẽ thu được theo cách như vậy được tổng hợp chọn lọc trong bảng 6 dưới đây.

Bảng 6

Số	Thép số	Cấu trúc tế vi					Đặc tính cơ học					Khả năng tôi cứng	Chú thích		
		Số lượng carbua trên mỗi 1000µm ² của tâm thép (số đếm)	Tỷ lệ phần trăm carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 (%)	Đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua (µm)			Kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit (µm)	Độ bền kéo (MPa)	Độ giãn đều (%)	Độ giãn cục bộ (%)	Độ bền kéo × độ giãn cục bộ (MPa· %)			Khả năng nong rộng lỗ (%)	
				Đường kính vòng tròn tương đương trung bình	Giá trị tối đa	Giá trị tối thiểu						Độ chênh lệch giữa giá trị tối đa và tối thiểu			
101	59	77	36	2,8	1,2	4,4	3,2	4,9	342	22	24	8208	116	11,7	Ví dụ
102		74	41	2,3	2,1	2,6	0,5	4,8	346	23	25	8667	149	11,7	Ví dụ

Như rõ ràng từ bảng 6 nêu trên, kích thước của carbua thu được được phát hiện là được tạo ra đồng đều do quá trình tụ nhóm được thực hiện giữa bước cán nóng và bước ủ thứ nhất, và các tấm thép để thấm cacbon đã trải qua quá trình tụ nhóm được phát hiện là có tỷ lệ nong rộng lỗ cải thiện hơn nữa.

Mặc dù đã mô tả chi tiết các phương án được ưu tiên của sáng chế, sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này. Rõ ràng là những người có kiến thức chung trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế thuộc về sẽ dễ dàng đạt tới các ví dụ cải biến hoặc ví dụ sửa đổi khác nhau trong phạm vi của khái niệm kỹ thuật được mô tả trong các yêu cầu bảo hộ, và ngoài ra các ví dụ này được hiểu một cách tự nhiên để thuộc về lĩnh vực kỹ thuật của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép để thấm cacbon chứa, theo % khối lượng,

C: lớn hơn hoặc bằng 0,02%, và nhỏ hơn 0,10%,

Si: lớn hơn hoặc bằng 0,005%, và nhỏ hơn 0,5%,

Mn: lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn 3,0%,

P: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%,

S: nhỏ hơn hoặc bằng 0,1%,

Al hòa tan (sol. Al): lớn hơn hoặc bằng 0,0002%, và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%,

N: nhỏ hơn hoặc bằng 0,2%,

Ti: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%, và

phần còn lại là: Fe và các tạp chất,

trong đó số lượng carbua trên mỗi $1000\mu\text{m}^2$ là nhỏ hơn hoặc bằng 100,

tỷ lệ phần trăm của số lượng carbua có tỷ số hình dáng nhỏ hơn hoặc bằng 2,0 là lớn hơn hoặc bằng 10% so với tổng số carbua,

đường kính vòng tròn tương đương trung bình của carbua là nhỏ hơn hoặc bằng $5,0\mu\text{m}$, và

kích thước hạt tinh thể trung bình của ferit là nhỏ hơn hoặc bằng $10\mu\text{m}$.

2. Tấm thép để thấm cacbon theo điểm 1, còn chứa, thay cho một phần của phần còn lại Fe, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số, theo % khối lượng,

Cr: lớn hơn hoặc bằng 0,005% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%,

Mo: lớn hơn hoặc bằng 0,005% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ni: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%,

Cu: lớn hơn hoặc bằng 0,001% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%,

Co: lớn hơn hoặc bằng 0,001% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%,

Nb: lớn hơn hoặc bằng 0,010% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,150%,

V: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và

B: lớn hơn hoặc bằng 0,0005% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%,

3. Tắm thép để thấm cacbon theo điểm 1 hoặc 2, còn chứa, thay cho một phần của phần còn lại Fe, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố trong số, theo % trọng lượng,

Sn: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

W: nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ca: nhỏ hơn hoặc bằng 0,01%, và

Kim loại hiếm (REM): nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%.

4. Phương pháp sản xuất tắm thép để thấm cacbon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, phương pháp này bao gồm:

bước cán nóng, trong đó vật liệu thép có thành phần hóa học theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3 được gia nhiệt, bước cán tinh nóng được kết thúc ở khoảng nhiệt độ cao hơn hoặc bằng 800°C và thấp hơn 920°C, tiếp đó làm nguội ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của bước cán tinh nóng xuống đến nhiệt độ dừng làm nguội ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng 50°C/giây và thấp hơn hoặc bằng 250°C/giây, và bằng cách cuộn ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 700°C; và

bước ủ thứ nhất, trong đó tắm thép thu được nhờ bước cán nóng, hoặc, tắm thép đã được cán nguội sau bước cán nóng được gia nhiệt trong môi trường khí ủ có nồng độ nitơ được kiểm soát đến thấp hơn 25% theo phần thể tích, ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng 1°C/giờ và thấp hơn hoặc bằng 100°C/giờ, lên đến khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (1) dưới đây, và giữ ở khoảng nhiệt độ không cao hơn điểm A_{c1} trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ;

bước ủ thứ hai, trong đó tắm thép sau khi trải qua bước ủ thứ nhất được gia nhiệt ở tốc độ gia nhiệt trung bình cao hơn hoặc bằng 1°C/giờ và thấp hơn hoặc bằng 100°C/giờ, lên đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} được xác định bằng công thức (1) dưới đây đến thấp hơn hoặc bằng 790°C, và giữ ở khoảng nhiệt độ từ cao hơn điểm A_{c1} đến thấp hơn hoặc bằng 790°C, trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 1 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 100 giờ; và

bước làm nguội bao gồm làm nguội tắm thép sau khi được ủ ở bước ủ thứ hai,

ở tốc độ làm nguội trung bình cao hơn hoặc bằng $1^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ và thấp hơn hoặc bằng $100^{\circ}\text{C}/\text{giờ}$ ở khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ ở điểm cuối của quá trình ủ ở bước ủ thứ hai xuống đến 550°C ,

ở đây, trong công thức (1) dưới đây, ký hiệu $[X]$ là hàm lượng của nguyên tố X (theo % khối lượng), được thay thế bằng 0 nếu nguyên tố X này không có mặt:

$$A_{c1} = 750,8 - 26,6[C] + 17,6[Si] - 11,6[Mn] - 22,9[Cu] - 23[Ni] + 24,1[Cr] + 22,5[Mo] - 39,7[V] - 5,7[Ti] + 232,4[Nb] - 169,4[Al] - 894,7[B]$$

... Công thức (1)

5. Phương pháp sản xuất tấm thép để thấm cacbon theo điểm 4, còn bao gồm, giữa bước cán nóng và bước ủ thứ nhất:

bước giữ tấm thép thu được từ bước cán nóng, trong khoảng không gian của môi trường khí, ở nhiệt độ từ cao hơn hoặc bằng 40°C và thấp hơn hoặc bằng 70°C , trong khoảng thời gian dài hơn hoặc bằng 72 giờ và ngắn hơn hoặc bằng 350 giờ.