



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

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

(11)



1-0032828

(51)⁷ C22C 38/00; C21D 8/06; C21D 9/32; (13) B
C21D 9/52; C22C 38/02; F16H 55/06;
C22C 38/06; C22C 38/22; C22C 38/34;
C22C 38/60; C23C 8/22; C23C 8/80;
C21D 1/06; C22C 38/04

(21) 1-2018-05809

(22) 31/05/2017

(86) PCT/JP2017/020258 31/05/2017

(87) WO 2017/209180 07/12/2017

(30) 2016-109532 31/05/2016 JP; 2016-176921 09/09/2016 JP

(45) 25/08/2022 413

(43) 25/07/2019 376A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

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

(72) ANDO Keisuke (JP); IWAMOTO Takashi (JP); TOMITA Kunikazu (JP); HASE Kazukuni (JP); NISHIMURA Kimihiro (JP).

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

(54) THÉP THẨM CACBON, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP THẨM CACBON VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT CHI TIẾT BÁNH RĂNG

(57) Sáng chế đề cập đến thép thẩm cacbon thích hợp làm vật liệu thô dùng để sản xuất chi tiết kết cấu cơ học có độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi tạo rỗ cao với chi phí tương đối thấp và phương pháp sản xuất thép thẩm cacbon. Thép thẩm cacbon bao gồm hợp phần hóa học chứa C, Si, Mn, P, S, Cr, Mo, Al, N, và O theo % khối lượng theo mỗi quan hệ được xác định trước, có lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó $\sqrt{I} \leq 80$ (mà I biểu thị diện tích (μm^2) của chất lẫn dựa trên oxit được đặt trong phần trung tâm mắt cá ở bề mặt rạn sau khi đưa thép thẩm cacbon vào tôi và ram thẩm cacbon và sau đó thực hiện thử nghiệm độ mỏi do uốn quay).

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép thấm cacbon được sử dụng làm vật liệu thô của chi tiết kết cấu cơ học của phương tiện giao thông, máy công nghiệp, và tương tự và phương pháp sản xuất thép thấm cacbon, và phương pháp sản xuất chi tiết bánh răng. Cụ thể sáng chế đề cập đến thép thấm cacbon thích hợp làm vật liệu thô của chi tiết kết cấu cơ học có độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi tạo rỗ cao, và phương pháp sản xuất thép thấm cacbon.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Chi tiết kết cấu cơ học như bánh răng được sử dụng trong các phần truyền dẫn động của phương tiện giao thông và tương tự đã được yêu cầu kích cỡ nhỏ hơn với sự giảm trọng lượng của thân ô tô để tiết kiệm năng lượng trong những năm gần đây. Trong khi, trọng tải tăng làm cho công suất động cơ cao hơn đã làm tăng nhu cầu cải thiện độ bền của bánh răng.

Độ bền của bánh răng thường phụ thuộc vào vết rạn do sự mỏi uốn quay của chân răng của bánh răng và vết rạn do sự mỏi tạo rỗ của bề mặt răng của bánh răng. Đối với mục đích cải thiện độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi tạo rỗ, các thép thấm cacbon được thấm cacbon khác nhau đã được đề xuất mà bao hàm việc kiểm soát hình thái của chất lẫn hoặc ngăn chặn sự tạo thành của lớp được thấm cacbon khác thường bằng cách bổ sung các nguyên tố vi lượng, hoặc truyền sức chịu hóa mềm khi ram, tức là, hạn chế sự giảm về độ cứng do ram.

Ví dụ, JP H7-122118 B2 (tài liệu sáng chế 1) bộc lộ theo phương pháp dưới đây: Bằng cách giảm lượng Si trong thép để nhỏ hơn 0,15% và điều chỉnh lượng của Mn, Cr, Mo, và Ni, lớp oxy hóa biên hạt trong lớp bề mặt sau khi xử lý nhiệt thấm cacbon được giảm để làm giảm vết nứt và đồng thời sự hình thành lớp được tôi chưa hoàn chỉnh được hạn chế để ngăn chặn sự giảm về độ cứng bề mặt và tăng cường độ bền mỏi. Tuy nhiên, bằng cách bổ sung Ca, sự kéo căng của MnS mà thúc đẩy sự hình thành và sự lan truyền vết nứt được điều chỉnh.

JP 2945714 B2 (tài liệu sáng chế 2) bộc lộ phương pháp tăng cường sức chịu hóa mềm khi ram bằng cách sử dụng làm vật liệu thô, vật liệu thép chứa 0,25% hoặc lớn hơn và 1,50% hoặc nhỏ hơn Si.

JP 5099276 B2 (tài liệu sáng chế 3) bộc lộ phương pháp hạn chế sự giảm về

đặc tính thấm cacbon bằng khí và tăng cường độ bền mỏi tạo rỗ thậm chí khi lượng Si được tăng, bằng cách giới hạn lượng Si, Mn, và Cr góp phần cải thiện sức chịu hóa mềm khi ram đến lượng được xác định trước hoặc lớn hơn và tạo ra lớp nghèo hợp kim bao gồm các nguyên tố này trong lớp bề mặt của vật liệu thép.

JP 5505263 B2 (tài liệu sáng chế 4) bộc lộ phương pháp làm chậm sự hình thành của các vết nứt nhỏ khi mỏi theo chu kỳ thấp bằng cách giới hạn, đến trị số được xác định trước hoặc lớn hơn, độ cứng lõi nhô mà được xác định từ độ cứng lõi sau khi tôi thấm cacbon, độ sâu thấm cacbon hiệu quả, và một nửa bán kính hoặc độ dày của vị trí hư hỏng.

JP H7-188895 A (tài liệu sáng chế 5) bộc lộ phương pháp đảm bảo độ bền mỏi cao và làm giảm lớp vỏ của bề mặt tiếp xúc, tức là cải thiện khả năng chống rỗ, bằng cách điều chỉnh lượng carbon và lượng nitơ của bề mặt trong quá trình xử lý thấm cacbon hoặc quá trình xử lý thấm nitơ-cacbon nằm trong khoảng cụ thể để tạo điều kiện cho sự hình thành của cacbua mịn trong phần lớp bề mặt và thu được lượng thích hợp của austenit giữ lại trong phần lớp bề mặt.

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP H7-122118 B2

Tài liệu sáng chế 2: JP 2945714 B2

Tài liệu sáng chế 3: JP 5099276 B2

Tài liệu sáng chế 4: JP 5505263 B2

Tài liệu sáng chế 5: JP H7-188895 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Tuy nhiên, các phương pháp ở trên được mô tả từ tài liệu sáng chế 1 đến tài liệu sáng chế 5 có các vấn đề sau đây.

Theo tài liệu sáng chế 1, bằng cách làm giảm lượng Si nhỏ hơn 0,15%, lớp oxy hóa biên hạt và lớp được tôi chưa hoàn chỉnh giảm, sao cho vết nứt được tạo ra bởi sự mỏi do uốn quay của chân răng của bánh răng có thể được hạn chế. Tuy nhiên, sức chịu hóa mềm khi ram hơi giảm, và sự khởi tạo vết rạn dịch chuyển từ phía chân răng của bánh răng đến phía bề mặt răng của bánh răng, do việc làm mềm bằng cách ram nhờ nhiệt do ma sát tại bề mặt răng của bánh răng không thể được hạn chế và làm mềm bề mặt. Điều này dễ dàng làm hư hỏng lớp vỏ của bề mặt răng của bánh răng, tức là tạo rỗ, và tạo ra sự giảm về độ bền mỏi tạo rỗ.

Theo tài liệu sáng chế 2, Si được bổ sung để làm tăng sức chịu hóa mềm khi ram. Tuy nhiên, việc bổ sung Si làm lớp oxy hóa biên hạt tạo ra nhiều khí điển hình

thấm cacbon. Lớp oxy hóa biên hạt này trở thành điểm gốc mối, và do đó độ bền mối do uốn quay giảm. Điều này không cho phép lựa chọn ngoài việc giới hạn quá trình xử lý thấm cacbon đối với thấm cacbon thể điện tương hoặc thấm cacbon bằng chân không mà không có lớp oxy hóa biên hạt được tạo ra. Tuy nhiên, quá trình xử lý thấm cacbon cụ thể này, các bất lợi là đòi hỏi chi phí sản xuất cao, và không thích hợp cho quá trình sản xuất hàng loạt trên quy mô công nghiệp.

Theo tài liệu sáng chế 3, sức chịu hóa mềm khi ram được cải thiện bằng cách bổ sung Si, Mn, và Cr. Tuy nhiên, trong trường hợp mà hàm lượng của Mn hoặc Cr giảm đáng kể điểm Ms là cao, lượng austenit giữ lại sau khi tôi thấm cacbon tăng, và độ cứng lớp bề mặt giảm. Do đó, độ bền mối tạo rỗ và độ bền mối do uốn quay giảm.

Theo tài liệu sáng chế 4, đặc tính mối theo chu kỳ thấp ưu việt thu được bằng cách giới hạn độ cứng lõi nhô đến trị số được xác định trước hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, sức chịu hóa mềm khi ram đủ có thể không có khả năng thu được dựa trên lượng dư của lượng bổ sung của Si, Mn, Cr, và Mo. Trong trường hợp này, độ bền mối tạo rỗ giảm.

Theo tài liệu sáng chế 5, việc bổ sung V có giá thành cao là thiết yếu, và đồng thời cho phép việc bổ sung lượng lớn Mo có giá thành cao. Điều này dẫn đến việc xem xét tăng về chi phí sản xuất. Ngoài ra, các nguyên tố này tăng lượng kết tủa của cacbonitrua, đẩy mạnh tạo vết nứt trong quá trình đúc liên tục.

Do đó hữu dụng là đề xuất thép thấm cacbon thích hợp làm vật liệu thô dùng để sản xuất chi tiết kết cấu cơ học có độ bền mối do uốn quay và độ bền mối tạo rỗ cao với chi phí tương đối thấp, và phương pháp sản xuất thép thấm cacbon.

Các tác giả sáng chế đã thực hiện nghiên cứu chuyên sâu về sự ảnh hưởng của các thành phần, các đặc tính khác nhau sau khi thấm cacbon, và các chất lẫn dựa trên các đặc tính mối sau khi tôi và ram thấm cacbon. Sau đó các tác giả sáng chế đã phát hiện ra các mục từ (A) đến (C) dưới đây:

(A) Nếu việc làm mềm do sự tạo nhiệt ở bề mặt tiếp xúc trong, ví dụ, bánh răng được hạn chế bằng cách làm tăng lượng Si, Mn, Cr, và Mo là vật liệu thép và tăng cường sức chịu hóa mềm khi ram, vết nứt ở bề mặt răng của bánh răng khi dẫn động có thể được hạn chế.

(B) Đối với lớp oxy hóa biên hạt mà có thể là điểm gốc của vết nứt mối và vết nứt mối do uốn, bằng cách bổ sung mỗi trong số Si, Mn, Cr, và Mo với lượng được xác định trước hoặc lớn hơn, hướng tăng của lớp oxy hóa biên hạt thay đổi từ hướng

chiều sâu đến hướng tăng mật độ bề mặt. Ngoài ra, không có lớp oxy hóa như vậy tăng theo hướng chiều sâu mà có thể là điểm gốc của vết nứt mới và vết nứt mới do uốn, và lớp oxy hóa hợp thành không giống với điểm gốc của vết nứt mới và vết nứt mới do uốn.

(C) Như được nêu trong mục (A) và (B) ở trên, Si, Mn, Cr, và Mo là có hiệu quả cải thiện sức chịu hóa mềm khi ram và điều chỉnh lớp oxy hóa biên hạt. Tuy nhiên, việc bổ sung quá mức các nguyên tố này làm tăng lượng austenit giữ lại và đẩy mạnh vết rạn do sự mỏi. Do đó cần điều chỉnh một cách chính xác hàm lượng của Si, Mn, Cr, và Mo.

Các tác giả sáng chế đề xuất:

[1] Thép thấm cacbon bao gồm hợp phần hóa học chứa (bao gồm), theo % khối lượng, C: 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 0,80% hoặc nhỏ hơn, P: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn, Cr: 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%, Mo: 0,03% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0060% hoặc lớn hơn và 0,0300% hoặc nhỏ hơn, và O: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0025% hoặc nhỏ hơn nằm trong khoảng mà trong đó biểu thức (1) và biểu thức (2) dưới đây được thỏa mãn, có lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, trong đó biểu thức (3) dưới đây được thỏa mãn:

$$[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo])/3 \geq 1,5 \quad \dots (1)$$

$$180 - 45[\%Mn] - 14[\%Cr] - 51[\%Mo] + 5[\%Si] \geq 125 \dots (2)$$

$$\sqrt{I} \leq 80 \quad \dots (3),$$

trong đó [%M] biểu thị hàm lượng của nguyên tố M theo % khối lượng, và I biểu thị diện tích, theo μm^2 , của chất lẫn dựa trên oxit được đặt trong phần trung tâm mắt cá ở bề mặt rạn sau khi đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon và sau đó thực hiện thử nghiệm độ mỏi do uốn quay.

[2] Thép thấm cacbon theo mục [1], trong đó hợp phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ti: nhỏ hơn 0,025%, và Sb: 0,035% hoặc nhỏ hơn.

[3] Thép thấm cacbon theo mục [1] hoặc [2], trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và V: 0,050% hoặc nhỏ hơn theo % khối lượng.

[4] Thép thấm cacbon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ mục [1] đến [3],

trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,50% hoặc nhỏ hơn, Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn, Ta: 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Hf: 0,10% hoặc nhỏ hơn theo % khối lượng.

[5] Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon, bao gồm bước đưa thép đúc vào gia công nóng bằng cách rèn nóng và/hoặc cán nóng với sự giảm về diện tích, thu được thép thấm cacbon là thanh thép hoặc thép cuộn, trong đó thép đúc có hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 0,80% hoặc nhỏ hơn, P: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn, Cr: 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%, Mo: 0,03% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0060% hoặc lớn hơn và 0,0300% hoặc nhỏ hơn, và O: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0025% hoặc nhỏ hơn trong khoảng mà trong đó biểu thức (1) và biểu thức (2) dưới đây được thỏa mãn, có lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và sự giảm về diện tích thỏa mãn biểu thức dưới đây (4):

$$[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo])/3 \geq 1,5 \quad \dots (1)$$

$$180 - 45[\%Mn] - 14[\%Cr] - 51[\%Mo] + 5[\%Si] \geq 125 \dots (2)$$

$$(S1 - S2)/S1 \geq 0,960 \dots (4),$$

trong đó S1 biểu thị diện tích mặt cắt ngang theo mm², của thép đúc trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng, và S2 biểu thị diện tích mặt cắt ngang, theo mm², của thanh thép hoặc thép cuộn trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng.

[6] Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo mục [5], trong đó hợp phần hóa học còn chứa, theo % khối lượng, một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ti: nhỏ hơn 0,025%, và Sb: 0,035% hoặc nhỏ hơn.

[7] Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo mục [5] hoặc [6], trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, và V: 0,050% hoặc nhỏ hơn theo % khối lượng.

[8] Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo mục bất kỳ trong số các mục từ [5] đến [7], trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm bao gồm Ca: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,50% hoặc nhỏ hơn, Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn, Ta: 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Hf: 0,10% hoặc nhỏ hơn theo %

khối lượng,.

[9] Phương pháp sản xuất chi tiết bánh răng, bao gồm: bước đưa thép thấm cacbon theo mục bất kỳ trong số các mục từ [1] đến [4] vào gia công cơ khí hoặc rèn cơ khí và gia công cơ khí sau đó rèn, thành hình dạng bánh răng; và sau đó đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon, thu được chi tiết bánh răng.

[10] Phương pháp sản xuất chi tiết bánh răng, bao gồm: phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo mục bất kỳ trong số các mục từ [5] đến [8]; bước đưa thép thấm cacbon vào gia công cơ khí hoặc rèn cơ khí và gia công cơ khí sau đó rèn, thành hình dạng bánh răng; và sau đó đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon, thu được chi tiết bánh răng.

Hiệu quả đạt được bởi sáng chế

Do đó có thể tạo ra thép thấm cacbon thích hợp làm vật liệu thô dùng để sản xuất chi tiết kết cấu cơ học có độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi tạo rỗ cao với chi phí tương đối thấp, và phương pháp sản xuất thép thấm cacbon. Ví dụ, trong trường hợp sản xuất bánh răng làm chi tiết kết cấu cơ học bằng cách sử dụng thép được bọc lộ theo sáng chế, bánh răng không chỉ ưu việt về đặc tính mỏi do uốn quay của chân răng của bánh răng mà còn về đặc tính mỏi tạo rỗ của bề mặt răng của bánh răng có thể được sản xuất hàng loạt.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trên các hình vẽ đi kèm:

FIG. 1 là sơ đồ minh họa mẫu thử độ bền mỏi do uốn quay;

FIG. 2 là sơ đồ minh họa các điều kiện xử lý nhiệt trong quá trình xử lý tôi thấm cacbon và quá trình xử lý ram; và

FIG. 3 là sơ đồ minh họa minh họa dưới dạng giản đồ thử nghiệm mỏi tạo rỗ bằng con lăn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Các lý do giới hạn hợp phần hóa học của thép đến khoảng ở trên theo sáng chế được mô tả đầu tiên. Trong phần mô tả dưới đây, “%” đối với các thành phần biểu thị % khối lượng trừ khi được nêu rõ.

C: 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn

Hàm lượng C cần phải là 0,15% hoặc lớn hơn, để tăng cường độ cứng của phần trung tâm bằng cách tôi sau khi quá trình xử lý thấm cacbon. Tuy nhiên, nếu hàm lượng C lớn hơn 0,30%, thì, độ chắc của lõi giảm. Do đó hàm lượng C được giới hạn đến 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng C tốt hơn là

0,15% hoặc lớn hơn và 0,25% hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn

Si là nguyên tố mà tăng cường sức chịu hóa mềm khi ram trong khoảng nhiệt độ từ 200°C đến 300°C mà bánh răng hoặc tương tự được mong đợi để đạt được khi cán, và cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng trong khi ngăn chặn sự hình thành của austenit giữ lại mà làm giảm độ cứng của phần lớp bề mặt thấm cacbon. Si cũng có tác dụng hạn chế sự giảm của mật độ lệch chỗ mà góp phần hạn chế sự lan truyền vết rạn do sự mỏi, bằng cách hạn chế sự tăng của cacbua trong vùng nhiệt độ này. Để cho ra thép có tác dụng như vậy, hàm lượng Si cần phải là 0,80% hoặc lớn hơn. Trong khi, Si là nguyên tố làm ổn định ferrit, và bổ sung quá mức Si tăng điểm biến đổi Ac_3 và dễ dàng hình thành ferrit trong lõi có hàm lượng cacbon thấp trong vùng nhiệt độ tôi thông thường, mà làm giảm độ bền. Bổ sung quá mức Si cũng cản trở thấm cacbon, và làm giảm độ cứng của phần lớp bề mặt thấm cacbon. Các ảnh hưởng tiêu cực này có thể được ngăn chặn nếu hàm lượng Si là 2,00% hoặc nhỏ hơn. Do đó hàm lượng Si được giới hạn đến 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,90% hoặc lớn hơn và 1,60% hoặc nhỏ hơn.

Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 0,80% hoặc nhỏ hơn

Mn là nguyên tố có hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng, và hàm lượng Mn cần phải là 0,20% hoặc lớn hơn. Trong khi, Mn có xu hướng tạo ra lớp được thấm cacbon khác thường. Ngoài ra, bổ sung quá mức Mn làm lượng quá mức của austenit giữ lại, mà dẫn đến độ cứng thấp hơn. Do đó giới hạn trên là 0,80%. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,40% hoặc lớn hơn và 0,60% hoặc nhỏ hơn.

P: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn

P phân tách các biên hạt, và làm giảm độ chắc của lớp được thấm cacbon và phía bên trong. Do đó hàm lượng P mong muốn là thấp nhất có thể. Cụ thể, nếu hàm lượng P lớn hơn 0,030%, thì ảnh hưởng tiêu cực sẽ xảy ra. Do đó hàm lượng P 0,030% hoặc nhỏ hơn. Về mặt chi phí sản xuất, giới hạn dưới của hàm lượng P là 0,003%.

S: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn

S có chức năng tạo thành sulfua với Mn cải thiện khả năng gia công bằng cách cắt, và sao cho hàm lượng S là 0,005% hoặc lớn hơn. Trong khi, bổ sung quá mức S làm giảm độ bền mỏi và độ chắc của một phần. Do đó giới hạn trên của hàm lượng S là 0,050%. Hàm lượng S tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn.

Cr: 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%

Cr là nguyên tố có hiệu quả không chỉ cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng mà còn sức chịu hóa mềm khi ram. Nếu hàm lượng Cr nhỏ hơn 1,00%, thì hiệu quả bổ sung Cr là thấp. Nếu hàm lượng Cr là 1,80% hoặc lớn hơn, hiệu quả tăng cường sức chịu hóa mềm khi ram được bão hòa, và lớp được thấm cacbon khác thường có xu hướng tạo ra. Điều này làm giảm độ bền mỏi do uốn quay. Do đó hàm lượng Cr được giới hạn đến 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%. Hàm lượng Cr tốt hơn là 1,20% hoặc lớn hơn và 1,60% hoặc nhỏ hơn.

Mo: 0,03% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn

Mo là nguyên tố mà có hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng, sức chịu hóa mềm khi ram, và độ chắc và đồng thời tinh luyện kích cỡ hạt tinh thể sau khi quá trình xử lý thấm cacbon. Nếu hàm lượng Mo là nhỏ hơn 0,03%, thì hiệu quả bổ sung Mo là thấp. Do đó giới hạn dưới của hàm lượng Mo là 0,03%. Bổ sung lượng lớn của Mo tạo ra lượng quá mức của austenit giữ lại, mà không chỉ dẫn đến độ cứng thấp hơn mà còn chi phí sản xuất cao. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Mo là 0,30%. Về mặt giảm lượng austenit giữ lại và chi phí sản xuất, giới hạn trên tốt hơn là 0,20%.

Al: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn

Al là nguyên tố mà liên kết với N tạo ra AlN và góp phần cho các hạt tinh thể austenit mịn hơn. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng Al cần phải là 0,020% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Al lớn hơn 0,060%, thì sự hình thành của chất dẫn Al_2O_3 mà bất lợi về độ bền mỏi được tăng lên. Do đó hàm lượng Al được giới hạn đến 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Al tốt hơn là 0,020% hoặc lớn hơn và 0,040% hoặc nhỏ hơn.

N: 0,0060% hoặc lớn hơn và 0,0300% hoặc nhỏ hơn

N là nguyên tố mà liên kết với Al tạo ra AlN và góp phần cho các hạt tinh thể austenit mịn hơn. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng N cần phải là 0,0060% hoặc lớn hơn, mặc dù lượng bổ sung thích hợp phụ thuộc vào lượng dư định lượng với Al. Bổ sung quá mức N làm các vết rỗ khí trong thép trong quá trình hóa rắn và làm giảm tính chịu rèn. Do đó giới hạn trên của hàm lượng N là 0,0300%. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0090% hoặc lớn hơn và 0,0150% hoặc nhỏ hơn.

O: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0025% hoặc nhỏ hơn

O là nguyên tố mà tồn tại làm chất lẫn dựa trên oxit trong thép và làm suy giảm độ bền mỏi. Do đó hàm lượng O mong muốn là thấp nhất có thể, nhưng hàm

lượng O là 0,0025% hoặc nhỏ hơn có thể chấp nhận được. Hàm lượng O tốt hơn là 0,0015% hoặc nhỏ hơn. Về mặt chi phí sản xuất, giới hạn dưới của hàm lượng O là 0,0003%.

Thép được bọc lộ theo sáng chế chứa các thành phần được mô tả ở trên có lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Ngoài ra, các thành phần tùy ý dưới đây có thể được bổ sung nằm trong khoảng mà không làm suy giảm các chức năng theo sáng chế, dùng cho mục đích như truyền các đặc tính khác.

Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn

Nb là nguyên tố hình thành cacbonitrua, và tinh luyện kích cỡ hạt austenit trong thấm cacbon và góp phần cải thiện độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay. Để đạt được hiệu quả này một cách hữu hiệu, hàm lượng Nb tốt hơn là 0,010% hoặc lớn hơn trong trường hợp bổ sung Nb. Nếu hàm lượng Nb lớn hơn 0,050%, thì hiệu quả được bão hòa. Ngoài ra, bổ sung lượng lớn của Nb làm tăng chi phí. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Nb tốt hơn là 0,050%. Hàm lượng Nb tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 0,025%.

Ti: nhỏ hơn 0,025%

Ti là nguyên tố hình thành cacbonitrua như với Nb, và tinh luyện kích cỡ hạt austenit trong thấm cacbon và góp phần cải thiện độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay. Để đạt được tác dụng này một cách hiệu quả, hàm lượng Ti tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn trong trường hợp bổ sung Ti. Nếu hàm lượng Ti là 0,025% hoặc lớn hơn, thì hiệu quả được bão hòa. Ngoài ra, bổ sung quá mức Ti làm hình thành cacbonitrua thô và dẫn đến giảm độ bền mỏi ở trên. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Ti tốt hơn là 0,025%.

Sb: 0,035% hoặc nhỏ hơn

Sb có xu hướng mạnh là phân tách các biên hạt, và có hiệu quả làm giảm sự hình thành của lớp được thấm cacbon khác thường ở lớp bề mặt ngoài cùng của thép để cải thiện độ bền mỏi do uốn quay bằng cách hạn chế sự oxy hóa biên hạt của Si, Mn, Cr, và tương tự mà góp phần cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng trong quá trình xử lý thấm cacbon. Để đạt được tác dụng này một cách hiệu quả, hàm lượng Sb tốt hơn là 0,003% hoặc lớn hơn trong trường hợp bổ sung Sb. Bổ sung quá mức Sb không chỉ làm tăng chi phí mà còn làm giảm độ chắc. Do đó hàm lượng Sb tốt hơn là 0,035% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Sb tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,020% hoặc nhỏ hơn.

Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Cu là nguyên tố mà góp phần cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng. Cu còn là nguyên tố hữu dụng mà, khi được bổ sung cùng với Se, liên kết với Se trong thép để sử dụng hiệu quả ngăn chặn sự tăng trưởng hạt tinh thể. Để đạt được các hiệu quả này, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Cu lớn hơn 1,0%, có khả năng là bề mặt của vật liệu cán trở nên gồ ghề và bề mặt gồ ghề vẫn là một khuyết tật. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Cu tốt hơn là 1,0%. Hàm lượng Cu tốt hơn nữa là 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn.

Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn

Ni là nguyên tố mà góp phần cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng và cũng hữu dụng cải thiện độ chắc. Để đạt được các hiệu quả này, hàm lượng Ni tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Ni lớn hơn 1,0%, thì các hiệu quả được bảo hòa. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Ni tốt hơn là 1,0%. Hàm lượng Ni tốt hơn nữa là 0,10% hoặc lớn hơn và 0,50% hoặc nhỏ hơn.

V: 0,050% hoặc nhỏ hơn

V là nguyên tố hình thành cacbonitrua như với Nb, và tinh luyện kích cỡ hạt austenit trong quá trình thấm cacbon và góp phần cải thiện độ bền mỏi. V cũng có hiệu quả làm chiều sâu của lớp oxy hóa biên hạt. Để đạt được các hiệu quả này một cách hữu hiệu, hàm lượng V tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn trong trường hợp bổ sung V. Nếu hàm lượng V lớn hơn 0,050%, thì các hiệu quả được bảo hòa. Ngoài ra, bổ sung quá mức V làm hình thành cacbonitrua thô và dẫn đến giảm độ bền mỏi. Do đó giới hạn trên của hàm lượng V tốt hơn là 0,050%. Hàm lượng V tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn.

Ca: 0,0050% hoặc nhỏ hơn

Ca là nguyên tố mà điều chỉnh hình thái sulfua và hữu dụng trong việc cải thiện khả năng gia công bằng cách cắt. Để đạt được các hiệu quả này, hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0005% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Ca lớn hơn 0,0050%, không chỉ các hiệu quả được bảo hòa, mà còn hình thành chất lẫn dựa trên oxit thô mà trở thành điểm gốc rạn do sự mỏi được đẩy mạnh. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0050%. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn và 0,0020% hoặc nhỏ hơn.

Sn: 0,50% hoặc nhỏ hơn

Sn là nguyên tố có hiệu quả cải thiện khả năng chống ăn mòn của bề mặt vật liệu thép. Về mặt cải thiện khả năng chống ăn mòn, hàm lượng Sn tốt hơn là 0,003% hoặc lớn hơn. Bổ sung quá mức Sn làm suy giảm tính chịu rền. Do đó giới

hạn trên của hàm lượng Sn tốt hơn là 0,50%. Hàm lượng Sn tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn

Se liên kết với Mn hoặc Cu và phân tán trong thép làm chất kết tủa. Kết tủa Se có mặt ổn định trong khoảng nhiệt độ xử lý nhiệt thấm cacbon với sự tăng nhẹ kết tủa, và có hiệu quả cố định kích cỡ hạt austenit cao. Do đó, sự bổ sung Se là có hiệu quả trong việc ngăn chặn sự tăng trưởng hạt tinh thể. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng Se tốt hơn là 0,001% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Se lớn hơn 0,30%, thì hiệu quả ngăn chặn sự tăng trưởng hạt tinh thể được bão hòa. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Se tốt hơn là 0,30%. Hàm lượng Se tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,100% hoặc nhỏ hơn.

Ta: 0,10% hoặc nhỏ hơn

Ta tạo ra cacbua trong thép, và hạn chế sự tăng trưởng của kích cỡ hạt austenit trong quá trình xử lý nhiệt thấm cacbon bằng hiệu quả cố định. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng Ta tốt hơn là 0,003% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Ta lớn hơn 0,10%, vết nứt có xu hướng xuất hiện trong quá trình đóng rắn khi đúc, và khuyết tật có thể giữ lại sau khi cán và rèn. Do đó giới hạn trên của Ta tốt hơn là 0,10%. Hàm lượng Ta tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Hf: 0,10% hoặc nhỏ hơn

Hf tạo ra cacbua trong thép, và hạn chế sự tăng trưởng của kích cỡ hạt austenit trong quá trình xử lý nhiệt thấm cacbon bởi hiệu quả cố định. Để đạt được hiệu quả này, hàm lượng Hf tốt hơn là 0,003% hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Hf lớn hơn 0,10%, thì có khả năng mà chất kết tủa thô tạo ra trong quá trình đóng rắn khi đúc và làm giảm sự tăng trưởng của hạt hạn chế khả năng và độ bền mỏi. Do đó giới hạn trên của hàm lượng Hf tốt hơn là 0,10%. Hàm lượng Hf tốt hơn nữa là 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn.

Hợp phần hóa học của thép đủ để thu được nguyên tố được mong muốn ở trên và lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, nhưng tốt hơn là bao gồm các nguyên tố được mô tả ở trên và lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi.

Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng, trong trường hợp mà thép thấm cacbon có hợp phần hóa học ở trên thỏa mãn biểu thức (1) và biểu thức (2) dưới đây, chi tiết kết cấu cơ học được tạo ra bằng cách đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon thể hiện độ bền mỏi do uốn và độ bền mỏi tạo rỗ ưu việt mà không

thể đạt được cho đến nay:

$$[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo])/3 \geq 1,5 \quad \dots (1)$$

$$180 - 45[\%Mn] - 14[\%Cr] - 51[\%Mo] + 5[\%Si] \geq 125 \dots (2)$$

trong đó [%M] biểu thị hàm lượng (% khối lượng) của nguyên tố M.

Biểu thức (1) biểu thị các hệ số ảnh hưởng đến sức chịu hóa mềm khi ram. Nếu trị số của phía bên trái là nhỏ hơn 1,5, thì hiệu quả cải thiện sức chịu hóa mềm khi ram là thấp. Biểu thức (2) biểu thị các hệ số ảnh hưởng đến lượng của austenit giữ lại. Nếu trị số của phía bên trái là nhỏ hơn 125, thì độ cứng của phần lớp bề mặt thấm cacbon giảm, dẫn đến giảm độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay. Theo sáng chế, biểu thức (1) được thỏa mãn để tăng cường sức chịu hóa mềm khi ram trong khoảng nhiệt độ là 200°C hoặc lớn hơn và 300°C hoặc nhỏ hơn mà bánh răng hoặc tương tự được mong đợi để đạt được khi cán, và biểu thức (2) được thỏa mãn làm giảm lượng của austenit giữ lại mà làm giảm độ cứng của phần lớp bề mặt thấm cacbon và do đó hạn chế giảm độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay.

Tuy nhiên, các tác giả sáng chế cũng phát hiện ra rằng, thậm chí trong trường hợp mà các nguyên tố thỏa mãn biểu thức (1) và (2), nếu kích cỡ của chất lẫn dựa trên oxit được đặt ở bề mặt rạn của mẫu thử nghiệm sau khi thử nghiệm độ mỏi do uốn quay lớn hơn so với trị số được xác định trước, thì độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay giảm do chất lẫn dựa trên oxit, thu được vết rạn do sự mỏi ban đầu. Ở đây, quan trọng là thép thấm cacbon theo sáng chế thỏa mãn biểu thức dưới đây (3) sau khi tôi và ram thấm cacbon. Trị số của phía bên trái $\sqrt{I}$ trong biểu thức (3) tốt hơn nữa là 60 hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn là 40 hoặc nhỏ hơn.

$$\sqrt{I} \leq 80 \quad \dots (3).$$

Trong biểu thức (3), I về phía bên trái là chỉ số biểu thị kích cỡ của chất lẫn dựa trên oxit tối đa làm điểm gốc rạn do sự mỏi, và được tính như sau. Bảy mẫu thử nghiệm được thu gom từ thép thấm cacbon (thanh thép hoặc thép cuộn). Các mẫu thử nghiệm được thu gom từ vị trí đường kính/2 theo hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng (tức là hướng cán trong trường hợp của cán nóng, và hướng kéo căng trong quá trình rèn trong trường hợp rèn nóng), và mỗi mẫu thử nghiệm này có các kích thước đường kính của phần song song là 8 mm × chiều dài phần song song 16 mm như được minh họa trên FIG. 1,

Các mẫu thử nghiệm được đưa vào tôi và ram thấm cacbon dưới các điều kiện được minh họa trên FIG. 2 nhiệt độ thấm cacbon là 930°C trong khoảng 180 phút, nhiệt độ tôi là 850°C trong khoảng 40 phút, nhiệt độ ram là 170°C trong khoảng 60

phút), và sau đó thử nghiệm mỗi do uốn quay kiểu Ono được đảo ngược hoàn toàn được tiến hành tạo ra vết rạn kiểu mắt cá. Các điều kiện thử nghiệm bao gồm việc đánh bóng bề mặt bằng 0,1 mm sau khi thấm cacbon và đặt ứng suất do trọng tải là 1000 MPa và tốc độ quay là 3500 vòng/phút. Đối với mẫu thử nghiệm có kỳ hạn mỏi tối thiểu trong số bảy mẫu thử nghiệm, bề mặt rạn được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét, và diện tích của chất lẫn dựa trên oxit được đặt trong phần trung tâm mắt cá, cụ thể là, chất lẫn dựa trên oxit tối đa, được đo bằng cách phân tích hình ảnh và được tiến hành đối với I.

Phương pháp đo kích cỡ chất lẫn này theo sáng chế cho phép đánh giá kích cỡ của chất lẫn dựa trên oxit tối đa theo thể tích là $3,14 \times (7,8 \text{ mm}/2)^2 \times 16 \text{ mm} \times 7 = 5349 \text{ mm}^3$. Với phương pháp thông thường đo kích cỡ, chất lượng, hoặc mật độ của chất lẫn dựa trên oxit có mặt trong vùng được thử nghiệm, không thể đo trạng thái của chất lẫn dựa trên oxit theo thể tích lớn như vậy và đánh giá kỳ hạn mỏi ảnh hưởng chất lẫn bất kỳ. Với phương pháp đánh giá chất lẫn theo sáng chế, kích cỡ của chất lẫn dựa trên oxit mà thực tế trở thành điểm gốc rạn do sự mỏi của thép với thể tích lớn là 5349 mm^3 có thể được đánh giá, sao cho độ chính xác dự đoán kỳ hạn mỏi có thể được cải thiện.

Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo sáng chế được mô tả dưới đây.

Để thu được thép thấm cacbon thỏa mãn biểu thức (3), cần thiết là, theo quy trình sản xuất của nó, điều chỉnh hợp phần hóa học của thép đúc đến khoảng ở trên bao gồm biểu thức (1) và (2), và đưa thép đúc vào quá trình gia công nóng bằng cách rèn nóng và/hoặc cán nóng với sự giảm về diện tích thỏa mãn biểu thức (4) dưới đây để cho ra thanh thép hoặc thép cuộn:

$$(S1 - S2)/S1 \geq 0,960 \dots (4)$$

trong đó S1 biểu thị diện tích mặt cắt ngang (mm^2) của thép đúc trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng, và S2 biểu thị diện tích mặt cắt ngang (mm^2) của thanh thép hoặc thép cuộn trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng.

Phía bên trái trong biểu thức (4) là chỉ số biểu thị sự giảm về diện tích khi thực hiện quá trình gia công nóng trên thép đúc. Quá trình gia công nóng có thể là rèn nóng hoặc cán nóng. Quá trình gia công nóng có thể là cả hai quá trình rèn nóng và quá trình cán nóng. Nếu chỉ số được biểu thị theo phía bên trái trong biểu thức (4) là nhỏ hơn 0,960, thì độ bền mỏi tạo rỗ và độ bền mỏi do uốn quay giảm do chất lẫn dựa trên oxit có kích cỡ lớn, thu được vết rạn do sự mỏi ban đầu. Phía bên trái

trong biểu thức (4) tốt hơn nữa là 0,970 hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn là 0,985 hoặc lớn hơn. Do đó, bằng cách đưa thép đúc thỏa mãn hợp phần hóa học theo sáng chế vào gia công nóng với sự giảm về diện tích thỏa mãn biểu thức (4), thép thấm cacbon thỏa mãn biểu thức (3) có thể thu được sau khi tôi và ram thấm cacbon được nêu dưới đây.

Sau đó thép thấm cacbon (thanh thép hoặc thép cuộn) được sản xuất theo cách được đưa tùy ý vào rèn nóng hoặc rèn nguội. Do đó, thép thấm cacbon được gia công cơ học bằng cách cắt hoặc tương tự thành hình dạng một phần (ví dụ, hình dạng bánh răng). Sau đó thép có hình dạng một phần được đưa vào xử lý tôi thấm cacbon và xử lý ram, để cho ra phần mong muốn (ví dụ, bánh răng). Một phần có thể còn được gia công bằng cách phun bi làm sạch hoặc các cách tương tự. Trong trường hợp mà thép thấm cacbon được đưa vào rèn nóng hoặc rèn nguội trong quá trình gia công, kích cỡ chất lẫn dựa trên oxit thay đổi, nhưng sự thay đổi không theo hướng mà trong đó kỳ hạn mỗi suy giảm. Do đó, sử dụng thép thấm cacbon theo sáng chế có hiệu quả thậm chí trong trường hợp mà việc rèn này được thực hiện để sản xuất một phần. Điều kiện tôi và ram thấm cacbon đối với thép thấm cacbon không bị giới hạn, và có thể đã biết hoặc các điều kiện bất kỳ. Ví dụ, các điều kiện có thể bao gồm nhiệt độ thấm cacbon là 900°C hoặc lớn hơn và 1050°C hoặc nhỏ hơn trong khoảng 60 phút hoặc lớn hơn và 600 phút hoặc nhỏ hơn, nhiệt độ tôi là 800°C hoặc lớn hơn và 900°C hoặc nhỏ hơn trong khoảng 10 phút hoặc lớn hơn và 120 phút hoặc nhỏ hơn, và nhiệt độ ram là 120°C hoặc lớn hơn và 250°C hoặc nhỏ hơn trong khoảng 30 phút hoặc lớn hơn và 180 phút hoặc nhỏ hơn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Hiệu quả về cấu trúc và chức năng theo sáng chế được mô tả cụ thể dưới đây, bằng cách ví dụ. Lưu ý rằng sáng chế không bị giới hạn đến các ví dụ dưới đây, và các biến đổi có thể được thực hiện thích hợp trong phạm vi mà trong đó đối tượng của sáng chế có thể được áp dụng, với các biến đổi như vậy cũng được bao gồm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Thép đúc có hợp phần hóa học (đơn vị của hàm lượng của mỗi nguyên tố là % khối lượng, có lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi) được liệt kê trong bảng 1 được cán nóng với các chất khử trong vùng được liệt kê trong bảng 2, để thu được thanh thép tròn có các kích thước khác nhau. Trong bảng 1, các số từ 1 đến 27 là các thép thích hợp với hợp phần hóa học thỏa mãn khoảng theo sáng chế, và các số từ 28 đến 52 là các thép so sánh với hợp phần hóa học không thỏa mãn

khoảng theo sáng chế. Trong bảng 2, số 53 là ví dụ so sánh với sự giảm về diện tích nằm ngoài giới hạn theo sáng chế.

Phương pháp đánh giá

Các thép thích hợp và các thép so sánh được đánh giá như sau.

(1) Sự đánh giá về độ bền mỏi do uốn quay và I

Bảy mẫu thử nghiệm được thu gom từ vị trí đường kính/2 của mỗi trong số thanh thép tròn thu được từ các thép thích hợp và các thép so sánh theo phương pháp ở trên, và I được đánh giá theo phương pháp ở trên. Phần mềm Image Pro_PLUS được sản xuất bởi công ty Media Cybernetics, Inc. được sử dụng để phân tích hình ảnh. Số lần lặp lại vết rạn (kỳ hạn mỏi ngắn nhất của bảy mẫu thử nghiệm) trong thử nghiệm mỏi do uốn quay loại Ono đảo ngược hoàn toàn theo quy trình này được thể hiện trong bảng 2. Kỳ hạn mỏi ngắn nhất là 100000 lần hoặc lớn hơn có thể được xem là biểu thị độ bền mỏi do uốn quay ưu việt.

(2) Đánh giá độ bền mỏi tạo rỗ

Mẫu thử nghiệm là 26 mmφ được minh họa trên FIG. 3 được thu gom từ vị trí đường kính/2 của mỗi trong số thanh thép tròn là 36 mmφ thu được từ thép thích hợp và thép so sánh, làm mẫu thử nghiệm mỏi tạo rỗ bằng con lăn (con lăn nhỏ). Miếng thử nghiệm thu được được đưa vào xử lý tôi và ram thấm cacbon được minh họa trên FIG. 2. Sau đó, thử nghiệm mỏi tạo rỗ bằng con lăn được thực hiện bằng cách sử dụng thử nghiệm mỏi tạo rỗ bằng con lăn dưới các điều kiện có hệ số trượt là 40% và tốc độ quay là 1500 vòng/phút, với mỡ bôi trơn hộp số là 80°C được sử dụng để bôi trơn. Đối với con lăn lớn (vòng R: 150 mm), phần tôi và phần ram của SUJ2 được sử dụng. Ở đây, độ bền mỏi tạo rỗ được đo và được đánh giá, với 10^7 được thiết lập là giới hạn mỏi. Độ bền mỏi là 2800 MPa hoặc lớn hơn trong thử nghiệm này có thể được xem là biểu thị độ bền mỏi tạo rỗ ưu việt. Các kết quả đánh giá như được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1

Thép số	Chế phẩm hóa học (% khối lượng)										Biểu thức quy định (1)* ²	Biểu thức quy định (2)* ³	Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	N	O	Các nguyên tố khác		
1	0,20	1,28	0,50	0,016	0,014	1,45	0,13	0,021	0,0125	0,0010	-	137	Thép thích hợp
2	0,29	0,85	0,41	0,012	0,016	1,38	0,18	0,034	0,0100	0,0014	-	137	
3	0,24	1,30	0,75	0,018	0,025	1,60	0,10	0,040	0,0140	0,0015	-	125	
4	0,22	0,80	0,67	0,013	0,021	1,79	0,05	0,036	0,0139	0,0012	-	126	
5	0,18	0,95	0,70	0,012	0,006	1,65	0,11	0,028	0,0115	0,0015	-	125	
6	0,20	1,21	0,54	0,015	0,015	1,53	0,07	0,030	0,0132	0,0009	-	137	
7	0,19	1,98	0,21	0,014	0,049	1,02	0,09	0,022	0,0091	0,0017	-	162	
8	0,16	1,54	0,37	0,009	0,013	1,21	0,10	0,033	0,0128	0,0013	-	149	
9	0,21	1,40	0,55	0,010	0,018	1,25	0,08	0,027	0,0103	0,0010	-	141	
10	0,23	1,02	0,49	0,011	0,023	1,30	0,15	0,031	0,0096	0,0015	-	137	
11	0,27	0,82	0,45	0,017	0,016	1,62	0,04	0,059	0,0081	0,0014	-	139	
12	0,19	0,97	0,51	0,026	0,012	1,57	0,18	0,026	0,0118	0,0012	-	131	
13	0,21	1,00	0,50	0,014	0,006	1,25	0,16	0,030	0,0110	0,0013	-	137	
14	0,24	1,08	0,62	0,011	0,019	1,30	0,21	0,037	0,0092	0,0011	-	129	
15	0,18	1,33	0,32	0,013	0,022	1,15	0,28	0,042	0,0289	0,0024	-	142	
16	0,18	1,10	0,65	0,009	0,010	1,45	0,04	0,025	0,0100	0,0008	-	134	
17	0,20	0,89	0,60	0,010	0,014	1,43	0,12	0,031	0,0124	0,0015	Nb: 0,022	131	
18	0,22	1,03	0,47	0,015	0,013	1,33	0,20	0,026	0,0141	0,0013	Ti: 0,024	135	

19	0,21	1,48	0,43	0,012	0,018	1,50	0,05	0,028	0,0099	0,0008	Sb: 0,018	2,1	145
20	0,20	1,14	0,62	0,013	0,014	1,61	0,08	0,030	0,0125	0,0012	Cu: 0,29	1,9	131
21	0,23	0,92	0,55	0,010	0,015	1,39	0,10	0,035	0,0102	0,0011	Ni: 0,23	1,6	135
22	0,19	1,72	0,25	0,015	0,020	1,18	0,25	0,034	0,0131	0,0013	V: 0,15	2,3	148
23	0,21	1,25	0,52	0,012	0,011	1,49	0,08	0,029	0,0140	0,0009	Ca: 0,0018	1,9	138
24	0,22	1,34	0,34	0,011	0,013	1,70	0,06	0,027	0,0115	0,0010	Sn: 0,012	2,0	145
25	0,20	1,16	0,70	0,013	0,014	1,54	0,09	0,030	0,0099	0,0012	Se: 0,021	1,9	128
26	0,19	1,20	0,48	0,014	0,016	1,37	0,12	0,031	0,0108	0,0014	Ta: 0,021	1,9	139
27	0,24	0,99	0,43	0,010	0,015	1,20	0,10	0,042	0,0124	0,0010	Hf: 0,008	1,6	144

Thép
thích hợp

*1 Các trị số gạch dưới biểu thị nằm ngoài khoảng ứng dụng.

*2 $[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo]) / 3$ *3 $180 - 45 \times [\%Mn] - 14 \times [\%Cr] - 51 \times [\%Mo] + 5 \times [\%Si]$

Bảng 1 (tiếp theo)

Thép số	Chế phẩm hóa học (% khối lượng)										Biểu thức quy định (1)*2	Biểu thức quy định (2)*3	Lưu ý
	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Al	N	O	Others		
28	<u>0,14</u>	1,21	0,64	0,011	0,025	1,39	0,10	0,030	0,0072	0,0012	-	133	Thép so sánh
29	<u>0,32</u>	1,55	0,71	0,015	0,019	1,20	0,25	0,029	0,0168	0,0015	-	126	
30	0,15	<u>0,56</u>	0,80	0,012	0,015	1,11	<u>0,02</u>	0,028	0,0154	0,0016	-	130	
31	0,22	<u>0,79</u>	0,58	0,020	0,021	1,09	0,25	0,025	0,0122	0,0011	-	130	
32	0,17	<u>2,01</u>	0,31	0,019	0,013	1,25	0,07	0,041	0,0101	0,0013	-	155	
33	0,18	0,84	<u>0,19</u>	0,017	0,016	1,08	0,03	0,036	0,0096	0,0015	-	159	
34	0,19	1,29	<u>0,82</u>	0,009	0,018	1,72	0,13	0,031	0,0135	0,0012	-	<u>119</u>	
35	0,21	1,21	<u>1,53</u>	0,021	<u>0,099</u>	1,49	0,03	<u>0,010</u>	0,0250	0,0010	-	<u>95</u>	
36	0,23	1,40	0,52	<u>0,031</u>	0,032	1,55	0,08	0,033	0,0142	0,0017	-	138	
37	0,20	1,35	0,67	0,014	<u>0,053</u>	1,28	0,12	0,024	0,0108	0,0016	-	133	
38	0,18	0,90	0,32	0,013	0,015	<u>0,96</u>	0,05	0,025	0,0114	0,0012	-	154	
39	0,22	1,05	0,70	0,012	0,012	<u>1,81</u>	0,21	0,029	0,0087	0,0010	-	<u>118</u>	
40	0,21	0,93	0,68	0,019	0,024	1,69	<u>0,32</u>	0,031	0,0123	0,0009	-	<u>114</u>	
41	0,20	0,80	0,35	0,015	0,050	1,38	<u>0,60</u>	0,030	0,0120	0,0018	-	<u>118</u>	
42	0,17	1,26	0,54	0,010	0,018	1,46	0,07	<u>0,018</u>	0,0069	0,0014	-	138	
43	0,24	0,82	0,69	0,017	0,022	1,50	0,21	<u>0,065</u>	0,0179	0,0021	-	<u>121</u>	
44	0,26	1,13	0,43	0,012	0,016	1,37	0,15	0,023	<u>0,0059</u>	0,0010	-	139	
45	0,21	1,51	0,38	0,013	0,015	1,15	0,10	0,055	<u>0,0302</u>	0,0013	-	149	
46	0,20	1,06	0,70	0,012	0,013	1,09	0,08	0,039	0,0138	<u>0,0026</u>	-	134	

47	0,22	1,02	0,48	0,012	0,010	1,35	0,20	0,030	0,0129	0,0010	Ti: 0,025	1,7	134	Thép so sánh
48	0,20	0,80	0,54	0,009	0,014	1,21	0,16	0,031	0,0120	0,0015	-	<u>1,4</u>	135	
49	0,22	0,93	0,62	0,015	0,004	1,44	0,24	0,025	0,0104	0,0008	Nb: 0,024	1,7	<u>124</u>	
50	0,21	0,95	0,75	0,011	0,012	1,75	0,08	0,028	0,0140	0,0009	Ca: 0,0015	1,8	<u>122</u>	
51	0,18	0,95	0,60	0,014	0,011	1,76	0,21	0,027	0,0082	0,0012	-	1,8	<u>122</u>	
52	0,24	0,82	0,71	0,017	0,018	1,38	0,27	0,030	0,0120	0,0014	-	1,6	<u>119</u>	

*1 Các trị số gạch dưới biểu thị nằm ngoài khoảng ứng dụng.

*2 $[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo]) / 3$

*3 $180 - 45 \times [\%Mn] - 14 \times [\%Cr] - 51 \times [\%Mo] + 5 \times [\%Si]$

Bảng 2

Thử nghiệm số	Thép số.	(S1-S2)/S1	$\sqrt{I}$ (μm)	Thử nghiệm mỗi do uốn quay	Độ bền mỗi tạo rỗ bằng con lăn (MPa)	Lưu ý
				Kỳ hạn mỗi ngắn nhất (thời gian)		
1	1	0,9888	39	$5,1 \times 10^5$	3050	Ví dụ
2	2	0,9895	41	$4,5 \times 10^5$	3000	
3	3	0,9892	43	$5,2 \times 10^5$	3050	
4	4	0,9820	46	$6,6 \times 10^5$	2800	
5	5	0,9941	29	$8,9 \times 10^5$	2950	
6	6	0,9624	76	$6,9 \times 10^5$	3100	
7	7	0,9765	52	$3,5 \times 10^5$	3350	
8	8	0,9792	49	$1,2 \times 10^6$	3300	
9	9	0,9919	30	$9,1 \times 10^5$	3100	
10	10	0,9819	42	$7,8 \times 10^5$	3150	
11	11	0,9891	33	$8,3 \times 10^5$	2950	
12	12	0,9912	29	$1,0 \times 10^6$	2850	
13	13	0,9743	62	$7,2 \times 10^5$	3000	
14	14	0,9878	36	$5,4 \times 10^5$	3050	
15	15	0,9814	45	$1,1 \times 10^6$	3200	
16	16	0,9875	39	$7,6 \times 10^5$	2950	
17	17	0,9920	25	$1,8 \times 10^6$	2900	
18	18	0,9932	27	$8,0 \times 10^5$	3100	
19	19	0,9840	38	$5,9 \times 10^5$	3200	
20	20	0,9920	26	$1,6 \times 10^6$	2850	
21	21	0,9765	56	$1,2 \times 10^6$	2900	
22	22	0,9872	50	$7,7 \times 10^5$	3250	
23	23	0,9903	46	$4,1 \times 10^5$	3000	
24	24	0,9889	45	$8,5 \times 10^5$	3100	
25	25	0,9854	51	$5,9 \times 10^5$	2950	
26	26	0,9910	38	$1,0 \times 10^6$	3000	
27	27	0,9900	40	$9,0 \times 10^5$	3050	

*1 Các trị số gạch dưới biểu thị nằm ngoài khoảng ứng dụng.

Bảng 2 (tiếp theo)

Thử nghiệm số	Thép số	(S1-S2)/S1	$\sqrt{I}$ (μm)	Thử nghiệm mỗi do uốn quay	Độ bền mỗi tạo rỗ bằng con lăn (MPa)	Lưu ý
				Kỳ hạn mỗi ngắn nhất (thời gian)		
28	28	0,9932	34	$2,5 \times 10^4$	2500	Ví dụ so sánh
29	29	0,9901	40	$9,8 \times 10^4$	2600	
30	30	0,9863	48	$2,4 \times 10^5$	2200	
31	31	0,9920	29	$5,0 \times 10^5$	2400	
32	32	0,9814	50	$1,1 \times 10^4$	2000	
33	33	0,9952	21	$7,5 \times 10^4$	2450	
34	34	0,9793	53	$1,5 \times 10^5$	2650	
35	35	0,9639	72	$1,2 \times 10^4$	2300	
36	36	0,9854	45	$5,8 \times 10^4$	2500	
37	37	0,9926	26	$6,6 \times 10^4$	2550	
38	38	0,9897	35	$8,9 \times 10^4$	2400	
39	39	0,9900	30	$7,1 \times 10^4$	2500	
40	40	0,9879	39	$7,8 \times 10^4$	2400	
41	41	0,9818	44	$9,9 \times 10^4$	2350	
42	42	0,9912	27	$7,5 \times 10^4$	2500	
43	43	0,9624	<u>112</u>	$2,8 \times 10^4$	2250	
44	44	0,9748	59	$1,0 \times 10^5$	2400	
45	45	0,9905	34	$3,4 \times 10^4$	2100	
46	46	0,9814	<u>91</u>	$3,9 \times 10^4$	2300	
47	47	0,9932	38	$5,6 \times 10^4$	2500	
48	48	0,9882	40	$6,7 \times 10^5$	2400	
49	49	0,9910	36	$9,7 \times 10^4$	2650	
50	50	0,9903	47	$8,1 \times 10^4$	2550	
51	51	0,9941	25	$9,8 \times 10^4$	2600	
52	52	0,9910	38	$7,3 \times 10^4$	2550	
53	13	<u>0,9542</u>	<u>88</u>	$5,5 \times 10^4$	2300	

*1 Các trị số gạch dưới biểu thị nằm ngoài khoảng ứng dụng.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Do đó có thể tạo ra thép thấm cacbon thích hợp làm vật liệu thô dùng để sản xuất chi tiết kết cấu cơ học có độ bền mỏi do uốn quay và độ bền mỏi tạo rỗ cao với chi phí tương đối thấp, và phương pháp sản xuất thép thấm cacbon.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép thấm cacbon bao gồm:

hợp phần hóa học chứa theo % khối lượng, C: 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 0,80% hoặc nhỏ hơn, P: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn, Cr: 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%, Mo: 0,03% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Al: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0060% hoặc lớn hơn và 0,0300% hoặc nhỏ hơn, và O: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0025% hoặc nhỏ hơn trong khoảng mà trong đó biểu thức (1) và biểu thức (2) dưới đây được thỏa mãn, còn chứa tùy ý, theo % khối lượng, một hoặc nhiều hợp phần hóa học được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ti: nhỏ hơn 0,025%, Sb: 0,035% hoặc nhỏ hơn, Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, V: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ca: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,50% hoặc nhỏ hơn, Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn, Ta: 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Hf: 0,10% hoặc nhỏ hơn, với lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi,

trong đó biểu thức (3) dưới đây được thỏa mãn:

$$[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo])/3 \geq 1,5 \quad \dots (1)$$

$$180 - 45[\%Mn] - 14[\%Cr] - 51[\%Mo] + 5[\%Si] \geq 125 \quad \dots (2)$$

$$\sqrt{I} \leq 80 \quad \dots (3),$$

trong đó $[\%M]$ biểu thị hàm lượng của nguyên tố M theo % khối lượng, và I biểu thị diện tích theo μm^2 , của chất lẫn dựa trên oxit được bố trí trong phần trung tâm mắt cá ở bề mặt rạn sau khi đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon và sau đó thực hiện thử nghiệm độ mỏi do uốn quay như được định nghĩa trong phần mô tả.

2. Phương pháp sản xuất thép thấm cacbon, bao gồm đưa thép đúc vào gia công nóng bằng cách rèn nóng và/hoặc cán nóng với sự giảm về diện tích, để thu được thép thấm cacbon là thanh thép hoặc thép cuộn,

trong đó thép đúc có hợp phần hóa học chứa, theo % khối lượng, C: 0,15% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn, Si: 0,80% hoặc lớn hơn và 2,00% hoặc nhỏ hơn, Mn: 0,20% hoặc lớn hơn và 0,80% hoặc nhỏ hơn, P: 0,003% hoặc lớn hơn và 0,030% hoặc nhỏ hơn, S: 0,005% hoặc lớn hơn và 0,050% hoặc nhỏ hơn, Cr: 1,00% hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 1,80%, Mo: 0,03% hoặc lớn hơn và 0,30% hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,020% hoặc lớn hơn và 0,060% hoặc nhỏ hơn, N: 0,0060% hoặc lớn hơn và 0,0300% hoặc nhỏ hơn, và O: 0,0003% hoặc lớn hơn và 0,0025% hoặc nhỏ hơn nằm trong khoảng mà trong đó biểu thức (1) và biểu thức (2) dưới đây được thỏa mãn, còn chứa tùy ý, theo % khối lượng, một hoặc nhiều hợp phần hóa học được chọn từ nhóm chỉ bao gồm Nb: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ti: nhỏ hơn 0,025%, Sb: 0,035% hoặc nhỏ hơn, Cu: 1,0% hoặc nhỏ hơn, Ni: 1,0% hoặc nhỏ hơn, V: 0,050% hoặc nhỏ hơn, Ca: 0,0050% hoặc nhỏ hơn, Sn: 0,50% hoặc nhỏ hơn, Se: 0,30% hoặc nhỏ hơn, Ta: 0,10% hoặc nhỏ hơn, và Hf: 0,10% hoặc nhỏ hơn, với lượng dư là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi, và

sự giảm về diện tích thỏa mãn biểu thức dưới đây (4):

$$[\%Si] + ([\%Mn] + [\%Cr] + [\%Mo])/3 \geq 1,5 \quad \dots (1)$$

$$180 - 45[\%Mn] - 14[\%Cr] - 51[\%Mo] + 5[\%Si] \geq 125 \quad \dots (2)$$

$$(S1 - S2)/S1 \geq 0,960 \quad \dots (4),$$

trong đó S1 biểu thị diện tích mặt cắt ngang, theo mm², của thép đúc trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng, và S2 biểu thị diện tích mặt cắt ngang, theo mm², của thanh thép hoặc thép cuộn trong vùng vuông góc với hướng kéo căng trong quá trình gia công nóng.

3. Phương pháp sản xuất chi tiết bánh răng bao gồm bước:

bước đưa thép thấm cacbon theo điểm 1 vào gia công cơ khí hoặc rèn cơ khí và gia công cơ khí sau khi rèn thành hình dạng bánh răng; và

sau đó đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon, để thu được chi tiết bánh răng.

4. Phương pháp sản xuất chi tiết bánh răng bao gồm bước:

phương pháp sản xuất thép thấm cacbon theo điểm 2;

bước đưa thép thấm cacbon vào gia công cơ khí hoặc rèn cơ khí và gia công cơ khí sau khi rèn thành hình dạng bánh răng; và

sau đó đưa thép thấm cacbon vào tôi và ram thấm cacbon, để thu được chi tiết bánh răng.

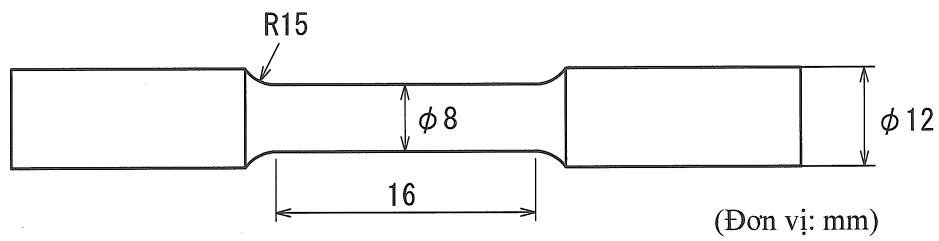
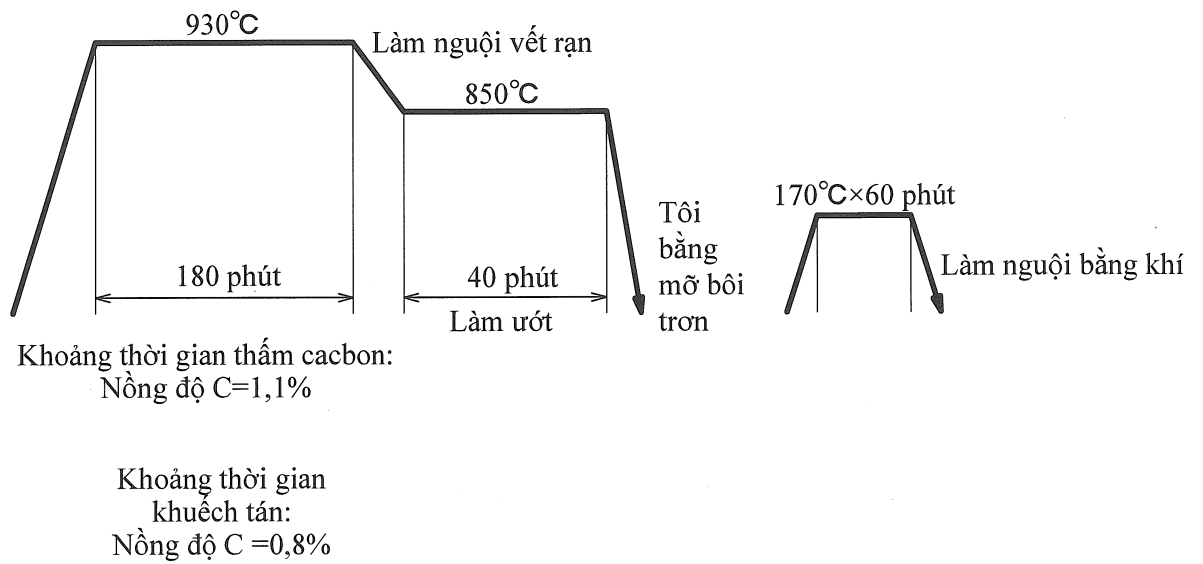
FIG. 1*FIG. 2*

FIG. 3