



(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)



1-0031565

(51)⁷ C22C 38/00; C22C 38/54; C22C 38/32 (13) B

(21) 1-2015-04020

(22) 16/01/2014

(86) PCT/JP2014/000191 16/01/2014

(87) WO/2014/155906 02/10/2014

(30) 2013-074347 29/03/2013 JP

(45) 25/04/2022 409

(43) 25/01/2016 334A

(73) JFE Steel Corporation (JP)

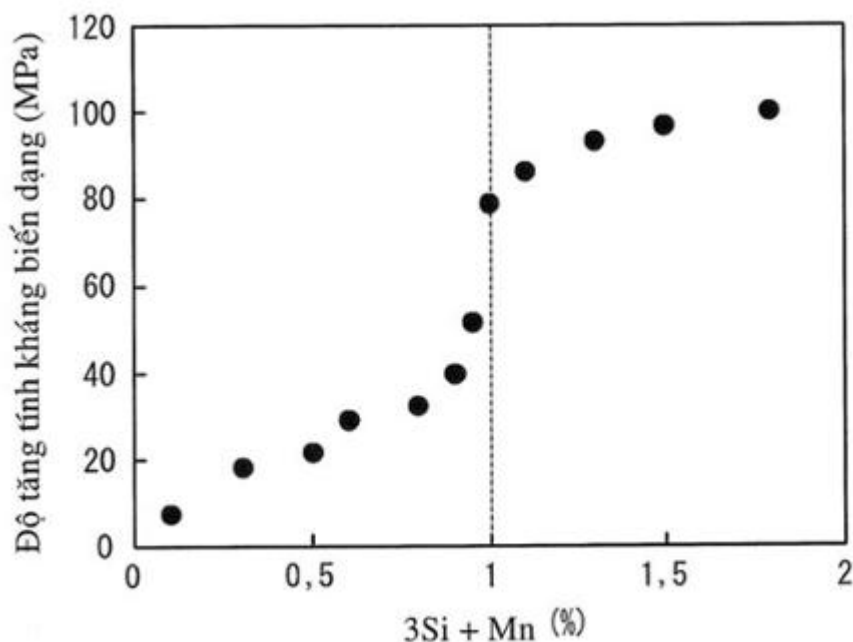
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-0011, Japan

(72) IMANAMI, Yuta (JP).

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

(54) THÉP TÔI BỀ MẶT

(57) Sáng chế đề cập đến thép tôi bề mặt có khả năng chịu rèn nguội tốt và có độ bền mỏi ưu việt sau khi xử lý xementit hóa. Thép tôi bề mặt ưu việt về khả năng chịu rèn nguội và độ bền mỏi được tạo ra bằng cách phủ hợp phần hóa học thích hợp và kiểm soát thích hợp lượng bổ sung của Si, Cr, và Mn.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép tôi bề mặt được áp dụng cho các thành phần cấu trúc máy mà được sử dụng trong lĩnh vực máy móc xây dựng và xe ô tô, cụ thể là thép tôi bề mặt có khả năng chịu rèn nguội ưu việt và độ bền mỏi ưu việt sau khi xử lý xementit hóa.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Ví dụ, do bộ phận ô tô hoặc chi tiết tương tự được sản xuất bằng cách tạo hình nguội thanh thép, do đó vật liệu được yêu cầu phải có khả năng chịu rèn nguội tốt. Do đó, các vật liệu thường phải chịu ủ mềm để hóa tròn cacbua và cải thiện khả năng chịu rèn nguội. Hơn nữa, xét về hợp phần hóa học của thép, các đề xuất được thực hiện để làm giảm hàm lượng Si mà có ảnh hưởng lớn đến tính chống biến dạng.

Tài liệu sáng chế 1 (JP3623313B) bộc lộ, bằng việc giảm hàm lượng Si và, hơn nữa bằng cách giảm lượng các nguyên tố hợp kim khác đến mức độ nhất định để bù đắp cho hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng tác dụng bởi B hòa tan, độ cứng giảm và khả năng chịu rèn nguội được cải thiện.

Hơn nữa, tài liệu sáng chế 2 (JP3764586B) đề xuất thép tôi bề mặt đảm bảo khả năng gia công nguội thu được bằng cách kết hợp thành phần hóa học mà trong đó Si và Mn là các nguyên tố tăng cường dung dịch rắn được làm giảm và khả năng tôi trong chất lỏng được đảm bảo bởi B hòa tan, với các điều kiện sản xuất nhất định.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP3623313B

Tài liệu sáng chế 2: JP3764586B

Các kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 và 2 sử dụng hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng tác dụng bởi B. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng bởi B bị ảnh hưởng lớn bởi tốc độ làm nguội. Mặt khác, do hầu hết các sản phẩm được rèn nguội có các hình dạng phức tạp, tốc độ làm nguội bên trong các thành phần ở thời điểm thấm cacbon và tôi có xu hướng trở nên không đồng nhất và kết quả là, độ chính xác kích thước sau khi xử lý xementit hóa giảm, hoặc độ cứng thành phần trở nên không đủ.

Hơn nữa, mặc dù Ti được bổ sung vào để ngăn sự giảm hiệu quả cải thiện khả

năng tôi trong chất lỏng của B, do các nitrit của Ti được tạo ra trong giai đoạn hóa rắn của bước đúc, chúng có xu hướng trở nên thô, và trở thành nguồn gốc của vết nứt mỗi khi làm giảm tuổi thọ các thành phần.

Vì vậy có thể hữu ích khi tạo ra thép tôi bề mặt có khả năng chịu rèn nguội tốt và có độ bền mỏi ưu việt sau khi xử lý xementit hóa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Kết quả của các nghiên cứu chuyên sâu về các hợp phần hóa học của các thép tôi bề mặt, các tác giả phát hiện ra là bằng cách áp dụng thành phần hóa học thích hợp và kiểm soát thích hợp lượng bổ sung của Si, Cr, và Mn, thép tôi bề mặt có khả năng chịu rèn nguội và độ bền mỏi ưu việt có thể thu được.

Sáng chế này được hoàn thành dựa trên những phát hiện này, Vì vậy các tác giả đề xuất:

(1) Thép tôi bề mặt có hợp phần hóa học chứa:

C: 0,10% khối lượng đến 0,35% khối lượng,

Si: 0,01% khối lượng đến 0,13% khối lượng,

Mn: 0,30% khối lượng đến 0,80% khối lượng,

P: 0,02% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

S: 0,03% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,01% khối lượng đến 0,045% khối lượng,

Cr: 0,5% khối lượng đến 3,0% khối lượng,

B: 0,0005% khối lượng đến 0,0040% khối lượng,

Nb: 0,003% khối lượng đến 0,080% khối lượng, và

N: 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn

trong phạm vi thỏa mãn các công thức (1) và (2) sau đây,

Ti làm tạp chất: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi:

$$3,0[\%Si] + 9,2[\%Cr] + 10,3[\%Mn] \geq 10,0 \text{ --- (1)}$$

$$3,0[\%Si] + 1,0[\%Mn] < 1,0 \text{ --- (2)}$$

trong đó [%M] thể hiện hàm lượng nguyên tố M (% khối lượng).

(2) Thép tôi bề mặt theo khía cạnh (1) trong đó hợp phần hóa học còn chứa một hoặc nhiều của

Cu: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Ni: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và

V: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Với sáng chế này, thép tôi bề mặt có cả khả năng chịu rền nguội ưu việt và độ bền mỏi cao có thể được tạo ra.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ kèm theo:

Fig.1 là đồ thị thể hiện độ cứng trung bình của vật liệu sau khi thực hiện xementit hóa từ vật liệu thép chứa 0,048% khối lượng Al, ở các vị trí từ bề mặt tới vị trí sâu 4mm bên trong vật liệu, và khoảng độ cứng được đo.

Fig.2 là đồ thị thể hiện độ cứng trung bình của vật liệu sau khi thực hiện xementit hóa từ vật liệu thép chứa 0,043% khối lượng Al, ở các vị trí từ bề mặt tới vị trí sâu 4mm bên trong vật liệu, và khoảng độ cứng được đo.

Fig.3 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa hàm lượng Al và trị số lớn nhất của sự biến đổi độ cứng.

Fig.4 là đồ thị thể hiện mối quan hệ giữa phần còn lại bổ sung của các lượng bổ sung Si và Mn, và sự gia tăng tính chống biến dạng.

Fig.5 thể hiện hình dạng của mẫu thử khả năng chịu rền nguội khắc rãnh V để đánh giá tỷ lệ chôn tới hạn.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, các nguyên nhân giới hạn thành phần thép của thép tôi bề mặt của sáng chế tới phạm vi nói trên sẽ được giải thích chi tiết.

C: 0,10% khối lượng đến 0,35% khối lượng

Để thực hiện bước tôi sau khi xử lý nhiệt xementit hóa trên sản phẩm chịu rèn nguội để làm tăng độ cứng của phần trung tâm của sản phẩm được rèn, 0,10% khối lượng C hoặc lớn hơn được yêu cầu. Mặt khác, nếu hàm lượng C vượt quá 0,35% khối lượng, độ bền của lõi giảm, và do đó hàm lượng C được giới hạn trong phạm vi từ 0,10% khối lượng đến 0,35% khối lượng. Hàm lượng C tốt hơn là 0,25% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,20% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Si: 0,01% khối lượng đến 0,13% khối lượng

Si được yêu cầu làm chất khử, và cần được bổ sung vào với lượng ít nhất là 0,01% khối lượng. Tuy nhiên, Si là nguyên tố được ưu tiên oxy hóa trong lớp bề mặt được xementit hóa và tạo điều kiện cho sự oxy hóa biên hạt. Hơn nữa, điều này khiến tăng cường dung dịch rắn của ferit và làm tăng tính chống biến dạng khiến làm giảm khả năng chịu rèn nguội. Do đó, giới hạn trên của hàm lượng Si là 0,13% khối lượng. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,02% đến 0,10% khối lượng, và tốt hơn nữa là 0,02% khối lượng đến 0,09% khối lượng.

Mn: 0,30% khối lượng đến 0,80% khối lượng

Mn là nguyên tố hữu hiệu để cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng, và cần được bổ sung vào với lượng ít nhất là 0,30% khối lượng. Tuy nhiên, khi bổ sung quá nhiều Mn sẽ dẫn đến sự gia tăng tính chống biến dạng gây ra bởi việc tăng cường dung dịch rắn, nên giới hạn trên của hàm lượng Mn là 0,80% khối lượng. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,60% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,55% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

P: 0,02% khối lượng hoặc nhỏ hơn

Do P cách ly trong các biên hạt tinh thể và làm giảm độ bền, hàm lượng mong muốn của P càng thấp càng tốt. Tuy nhiên, hàm lượng P lên tới 0,02% khối lượng có thể chấp nhận được. Hàm lượng P tốt hơn là 0,018% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Hơn nữa,

mặc dù giới hạn dưới của P không cần được giới hạn đến trị số cụ thể, việc xem xét sự giảm không cần thiết của P sẽ kéo dài thời gian lọc và làm tăng các chi phí tinh chế, hàm lượng P nên là 0.012% hoặc lớn hơn.

S: 0,03% khối lượng hoặc nhỏ hơn

S là nguyên tố mà tồn tại như sự bao gồm sulfua mà có hiệu quả để cải thiện khả năng gia công máy bằng cách cắt. Tuy nhiên, khi bổ sung quá nhiều S sẽ dẫn đến giảm khả năng chịu rèn nguội, giới hạn trên của S là 0,03% khối lượng. Hơn nữa, mặc dù không có giới hạn dưới cụ thể, có thể được thiết lập đến 0.012% hoặc lớn hơn cho mục đích bảo đảm khả năng gia công máy bằng cách cắt.

Al: 0,01% khối lượng đến 0,045% khối lượng

Nếu Al được bổ sung quá nhiều, Al gắn với N trong thép thành AlN, và phát triển hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng tác dụng bởi B. Để ổn định độ cứng thành phần sau khi xử lý xementit hóa, điều quan trọng là ngăn chặn sự phát triển hiệu quả cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng tác dụng bởi B, và để làm được thế, giới hạn trên của Al cần là 0,045% khối lượng.

Độ cứng trung bình của các vật liệu sau khi xementit hóa, mỗi vật liệu chứa 10ppm B và 45ppm N, và với lượng bổ sung Al là 0,048% khối lượng (Fig.1) và 0,043% khối lượng (Fig.2) tương ứng, ở các vị trí từ bề mặt tới vị trí sâu 4mm bên trong vật liệu, và khoảng độ cứng được đo được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2.

Như thấy rõ từ Fig.1 và Fig.2, khi hàm lượng Al là 0,048% khối lượng (Fig.1), khoảng độ cứng được đo (khoảng giữa các đường gãy trên và dưới trên hình) ở mỗi vị trí sâu từ bề mặt (trục ngang trên hình) là lớn hơn so với khi hàm lượng Al là 0,043% khối lượng (Fig.2), và có sự thay đổi lớn về độ cứng ở mỗi vị trí sâu.

Fig.3 thể hiện các thay đổi về trị số tối đa của sự biến đổi độ cứng (trị số tối đa theo hướng trục dọc giữa các đường gãy trên và dưới trên Fig.1 hoặc Fig.2) khi 10ppm B và 45ppm N được chứa với các lượng bổ sung Al biến đổi.

Như thấy rõ từ Fig.3, bằng cách thiết lập lượng bổ sung Al đến 0,045% khối lượng hoặc nhỏ hơn, sự biến đổi của độ cứng từ bề mặt của vật liệu sau khi xementit hóa vào bên trong của vật liệu được giảm. Dựa trên các kết quả ở trên, trị số giới hạn trên của hàm lượng Al được thiết lập đến 0,045% khối lượng.

Các thử nghiệm có các kết quả được thể hiện trên Fig.1 đến Fig.3 được tiến hành dưới các điều kiện sau đây. Thép được sử dụng trong các thử nghiệm được chứa C: 0,16% khối lượng, Si: 0,09% khối lượng, Mn: 0,53% khối lượng, P: 0,012% khối lượng, S: 0,012% khối lượng, Cr: 1,9% khối lượng, B: 0,0015% khối lượng, Nb: 0,025% khối lượng, và N: 0,0065% khối lượng, lượng bổ sung Al như được mô tả ở trên, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi. Sau khi thép được xử lý thành thanh tròn có đường kính là 25mm, được chịu xementit hóa ở 930°C trong 3 giờ với hàm lượng cacbon là 1,0% khối lượng, sau đó được tôi dầu ở 60°C, và sau đó được để ở nhiệt độ 180°C trong 1 giờ. Độ cứng từ bề mặt của mặt cắt ngang của thanh tròn được ram đến vị trí sâu 4mm bên trong được đo ở cùng mặt cắt ngang ở 10 khu vực cho mỗi vị trí sâu để thu được trị số trung bình, trị số lớn nhất và trị số nhỏ nhất theo độ cứng Vickers ở mỗi vị trí sâu từ bề mặt.

Mặt khác, vì Al là nguyên tố hữu hiệu cho sự khử, giới hạn dưới của Al là 0,01% khối lượng. Hàm lượng của nó tốt hơn là 0,01% khối lượng đến 0,040% khối lượng, và tốt hơn nữa là 0,015% khối lượng đến 0,035% khối lượng.

Cr: 0,5% khối lượng đến 3,0% khối lượng

Cr góp phần cải thiện không chỉ khả năng tôi trong chất lỏng mà còn chống sự làm mềm ram, và cũng là nguyên tố hữu hiệu để tạo điều kiện hóa tròn carbua. Tuy nhiên, nếu hàm lượng Cr nhỏ hơn 0,5% khối lượng, hiệu quả bổ sung bị giới hạn, Mặt khác, nếu hàm lượng Cr vượt quá 3,0% khối lượng, sẽ tạo điều kiện xementit hóa quá mức hoặc sự tạo ra austenit dư và gây hiệu ứng bất lợi đến độ bền mỏi. Do đó, hàm lượng Cr bị giới

hạn trong phạm vi từ 0,5% khối lượng đến 3,0% khối lượng, Tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,7% khối lượng đến 2,5% khối lượng.

B: 0,0005% khối lượng đến 0,0040% khối lượng

Các liên kết B, bên trong thép, với N và có tác dụng làm giảm N hòa tan. Do đó, có thể làm giảm sự lão hóa cơ học động ở thời điểm rèn nguội gây ra bởi N hòa tan, và góp phần làm giảm tính chống biến dạng trong quá trình rèn. Để thu được hiệu quả này, 0,0005% khối lượng B hoặc lớn hơn cần được bổ sung vào. Mặt khác, nếu hàm lượng N vượt quá 0,0040% khối lượng, hiệu quả giảm tính chống biến dạng đạt ngang bằng, và gây giảm độ bền. Do đó, hàm lượng B bị giới hạn trong phạm vi từ 0,0005% khối lượng đến 0,0040% khối lượng, Tốt hơn nữa là, hàm lượng B nằm trong phạm vi từ 0,0005% khối lượng đến 0,0030% khối lượng.

Nb: 0,003% khối lượng đến 0,080% khối lượng

Nb tạo thành NbC bên trong thép, và hạn chế sự tăng trưởng hạt austenit trong khi xử lý nhiệt xementit hóa do tác dụng ghim. Để thu được hiệu quả này, Nb cần được bổ sung vào với lượng ít nhất là 0,003% khối lượng. Mặt khác, nếu Nb được bổ sung vào với lượng vượt quá 0,080% khối lượng, có thể dẫn đến sự suy giảm sự tăng trưởng hạt mà làm hạn chế khả năng gây ra bởi sự kết tủa của NbC thô hoặc sự suy giảm độ bền mỏi. Do đó, hàm lượng Nb là 0,080% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là 0,010% khối lượng đến 0,060% khối lượng, và tốt hơn nữa là 0,015% khối lượng đến 0,045% khối lượng.

Ti: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn

Điều quan trọng là cần giảm thiểu hàm lượng Ti được trộn vào thép. Ti có xu hướng liên kết với N để tạo thành TiN thô, và việc bổ sung Ti đồng thời với Nb làm cho thậm chí nhiều khả năng tạo kết tủa thô và gây giảm độ bền mỏi. Vì vậy, giới hạn trên của Ti được chứa như tạp chất là 0,005% khối lượng. Tốt hơn nữa là, hàm lượng Ti là

0.003% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

N: 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn

Do N hòa tan trong thép gây sự lão hóa cơ học động trong suốt quá trình rèn nguội làm tăng tính chống biến dạng, nên cần phải được giảm thiểu. Do đó, lượng N trộn vào được giới hạn đến 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng N tốt hơn là 0,0070% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0065% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Các phạm vi thành phần thích hợp của các thành phần cơ bản của sáng chế như được giải thích ở trên. Tuy nhiên, trong sáng chế, không đủ cho từng yếu tố để chỉ đáp ứng các phạm vi nêu trên, và cũng quan trọng cho Si, Mn, Cr, cụ thể, để thỏa mãn các mối quan hệ của các công thức (1) và (2) sau đây.

$$3,0[\%Si] + 9,2[\%Cr] + 10,3[\%Mn] \geq 10,0 \text{ --- (1)}$$

$$3,0[\%Si] + 1,0[\%Mn] < 1,0 \text{ --- (2)}$$

trong đó [%M] thể hiện hàm lượng nguyên tố M (% khối lượng).

Công thức (1) ở trên đề cập đến các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng tôi trong chất lỏng và tính làm mềm ram, và nếu công thức (1) không được thỏa mãn, độ bền mỏi sau khi xử lý xementit hóa trở nên không đủ. Hơn nữa, công thức (2) ở trên đề cập đến các yếu tố ảnh hưởng đến khả năng chịu rèn nguội, và nếu công thức (2) được thỏa mãn, việc tăng cường dung dịch rắn gây ra bởi Si và Mn có thể bị hạn chế, và do đó tính chống biến dạng trong quá trình rèn nguội có thể bị giảm và tuổi thọ khuôn có thể được tăng cường.

Việc tăng tính chống biến dạng được tính toán để khi chỉ lượng bổ sung Si và Mn được thay đổi, so với khi Si và Mn không được bổ sung vào. Như có thể thấy từ các kết quả được thể hiện trên Fig.4, khi $3,0 [\% Si] + 1,0 [\% Mn]$ là nhỏ hơn 1, sự gia tăng tính chống biến dạng chắc chắn bị hạn chế. Ở đây, các thí nghiệm mà kết quả được thể hiện trên Fig.4 được tiến hành dưới các điều kiện sau đây.

Thép chứa C: 0,18% khối lượng, Si: không được bổ sung, Mn: không được bổ sung, P: 0,012% khối lượng, S: 0,012% khối lượng, Al: 0,034% khối lượng, Cr: 1,7% khối lượng, B: 0,0013% khối lượng, Nb: 0,030% khối lượng, và N: 0,0052% khối lượng, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi như vật liệu bazơ, 12

thép khác nhau với các hàm lượng Si thay đổi nằm trong phạm vi từ 0,03% khối lượng đến 0,20% khối lượng, và các hàm lượng Mn thay đổi nằm trong phạm vi từ 0,34% khối lượng đến 1,2% khối lượng, được chuẩn bị và được cán nóng đến đường kính là 40 mm, Sau đó, tính chống biến dạng của các thép này được đo bằng phương pháp đánh giá khả năng chịu rèn nguội được mô tả sau này, và sự gia tăng tính chống biến dạng thu được bằng cách so sánh với tính chống biến dạng của thép khi Si và Mn không được bổ sung vào.

Mặc dù các thành phần cơ bản của thép tôi bề mặt của sáng chế được giải thích ở trên, một hoặc nhiều trong số Cu: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, Ni: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và V: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn cũng có thể được chứa khi cần.

Do Cu là nguyên tố hữu hiệu để cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng, tốt hơn là được bổ sung vào với lượng 0,05% khối lượng hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, việc bổ sung Cu quá mức sẽ khiến suy giảm các đặc trưng bề mặt của tấm thép và làm tăng các chi phí hợp kim. Vì vậy, giới hạn trên của Cu là 0,5% khối lượng.

Do Ni và V là các nguyên tố hữu hiệu để cải thiện khả năng tôi trong chất lỏng và độ bền, tốt hơn là được chứa tương ứng với lượng là 0,05% khối lượng hoặc lớn hơn và 0,01% khối lượng hoặc lớn hơn. Tuy nhiên, do Ni và V đắt, giới hạn trên hàm lượng của hai nguyên tố này được giới hạn đến 0,5% khối lượng và 0,1% khối lượng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, sự cấu thành và hiệu quả của thép tôi bề mặt của sáng chế sẽ được giải thích chi tiết hơn với tham chiếu đến các ví dụ. Tuy nhiên, thép tôi bề mặt không bị hạn chế bởi các phương thức bất kỳ vào các ví dụ này, mà có thể được thay đổi một cách thích hợp trong phạm vi tuân thủ mục đích của sáng chế, tất cả các thay đổi đó được bao gồm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Thép có hợp phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 thu được bằng cách sản xuất thép, và phôi lớn được sản xuất từ thép nóng chảy của chúng chịu cán nóng và tạo thành thanh thép 40mmφ. Đánh giá về khả năng chịu rèn nguội được thực hiện cho thanh

thép thu được.

Ở đây, khả năng chịu rèn nguội được đánh giá dựa trên hai tiêu chí, cụ thể là, tính chống biến dạng và tỷ lệ chồn tới hạn.

Các mẫu thử lần lượt được tạo hình dạng hình trụ có đường kính là 15mm và chiều cao là 22,5mm được thu lại từ các thanh thép khi được cán, các mẫu thử lần lượt có trục tâm được định vị ở độ sâu bằng $1/4$ đường kính D của thanh thép (sau đây, vị trí này được gọi là "vị trí $1/4D$ ") từ ngoại vi bên ngoài của chúng. Các mẫu thử dạng trụ do đó thu được mỗi hốc có hình nón được tạo thành ở các vị trí trung tâm trên các bề mặt trên cùng và dưới cùng của chúng, mỗi hốc nón có đường kính bề mặt đáy là 2 mmφ và có góc ở tâm là 120° . Vì vậy, các hốc được tạo thành được tạo kết cấu để hoạt động như các hốc ngầm. Mỗi mẫu thử dạng trụ còn có một rãnh hình chữ V ở phía bên của chúng, các rãnh kéo dài theo hướng chiều cao của mẫu thử, để mẫu thử thu được làm mẫu thử dạng trụ được khắc rãnh. Ở đây, Fig.5 (a) là hình chiếu phía trên minh họa hình dạng của mẫu thử dạng trụ được khắc rãnh được sử dụng để đánh giá khả năng chịu rèn nguội, Fig.5 (b) là hình chiếu bên của miếng kiểm tra, và Fig.5 (c) là hình vẽ minh họa các kích thước chi tiết của rãnh hình chữ V của Fig.5 (b). Trên các hình vẽ, số tham khảo 1 biểu thị các rãnh hình chữ V, 2 biểu thị các bề mặt cần được nén (các bề mặt trên và dưới), và 3 biểu thị các hốc hình nón (hốc ngầm).

Khả năng chịu rèn nguội được đánh giá như sau: Đó là, các mẫu thử lần lượt chịu sự kiểm tra nén trong đó tải nén được áp dụng cho từng mặt của hai bề mặt 2 cần nén trong trạng thái mà các bề mặt trên và dưới của mẫu thử đã được ngầm, nhờ đó đo khả năng biến dạng và tính chống biến dạng. Khả năng biến dạng được đánh giá dựa trên độ nén tối đa đến vết nứt ban đầu từ nền của rãnh hình V 1 (gọi tắt tỷ lệ chồn tới hạn), trong khi tính chống biến dạng được đánh giá dựa trên sức căng biến dạng ở độ nén là 60% (gọi là "60% tính chống biến dạng"). Thép có thể được xem là ưu việt về khả năng chịu rèn nguội khi tỷ lệ chồn tới hạn là 50% hoặc lớn hơn và trị số tính chống biến dạng là 800 MPa hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, các đặc tính mỏi được đánh giá dựa trên hai điểm cụ thể là, việc uốn mỏi và độ mỏi bề mặt.

Từ vị trí $1/4 D$ của thanh thép ở trên, mẫu thử uốn quay để đánh giá độ bền mỏi uốn và mẫu thử xoắn con lăn để đánh giá độ bền mỏi bề mặt được thu thập. Các mẫu thử này chịu xementit hóa ở 930°C trong 3 giờ với nồng độ cacbon là 1,0% khối lượng, sau

đó được tôi dầu ở 60°C, và sau đó được để ở nhiệt độ là 180°C trong 1 giờ. Đối với mỗi mẫu thử được xementit hóa, bước kiểm tra độ mỏi uốn quay và kiểm tra rỗ con lăn được thực hiện. Bước kiểm tra độ mỏi uốn quay được thực hiện ở tốc độ 3500 vòng/phút và độ bền giới hạn mỗi sau 10^7 chu kỳ được đánh giá. Bước kiểm tra rỗ con lăn được thực hiện dưới các điều kiện tỷ lệ trượt là 40% và nhiệt độ dầu ở 80°C, và độ bền sau 10^7 chu kỳ (độ bền tới hạn mà tại đó xảy ra sự rỗ mòn trong bề mặt mẫu thử) được đánh giá. Các kết quả thu được được thể hiện trong bảng 2. Với độ bền mỏi uốn là 800MPa hoặc lớn hơn và độ bền mỏi bề mặt là 3500MPa hoặc lớn hơn, độ bền mỏi được xem là ưu việt.

Như được thể hiện trong bảng 2, tất cả các ví dụ theo sáng chế là ưu việt cả về khả năng chịu rên nguội và độ bền mỏi.

[Bảng 1]

Thép số	Hợp phần hóa học (% khối lượng)												Công thức (1)	Công thức (2)	Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Al	N	Cr	B	Nb	Ti	Cu	Ni	V	
A	0,11	0,05	0,55	0,012	0,012	0,033	0,0045	1,6	0,0021	0,028	0,001	-	-	-	Ví dụ của sáng chế
B	0,15	0,05	0,58	0,013	0,013	0,018	0,0061	1,4	0,0018	0,022	0,001	0,12	-	-	Ví dụ của sáng chế
C	0,17	0,04	0,45	0,012	0,013	0,032	0,0056	1,5	0,0010	0,035	0,001	-	0,14	-	Ví dụ của sáng chế
D	0,19	0,06	0,51	0,013	0,012	0,031	0,0075	0,5	0,0005	0,045	0,001	-	-	0,03	Ví dụ của sáng chế
E	0,22	0,13	0,34	0,012	0,012	0,045	0,0048	2,4	0,0013	0,049	0,002	0,16	0,08	-	Ví dụ của sáng chế
F	0,26	0,03	0,75	0,012	0,012	0,041	0,0019	0,6	0,0017	0,012	0,002	-	0,10	0,02	Ví dụ của sáng chế
G	0,29	0,12	0,52	0,012	0,012	0,036	0,0028	1,3	0,0018	0,032	0,001	-	-	-	Ví dụ của sáng chế
H	0,33	0,06	0,41	0,012	0,012	0,027	0,0052	3,0	0,0015	0,078	0,001	-	-	-	Ví dụ của sáng chế
J	0,09	0,07	0,55	0,013	0,012	0,031	0,0056	0,8	0,0010	0,021	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
K	0,36	0,06	0,61	0,012	0,012	0,036	0,0071	1,5	0,0015	0,019	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
L	0,26	0,14	0,64	0,012	0,012	0,038	0,0054	1,2	0,0015	0,031	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
M	0,25	0,04	0,9	0,013	0,012	0,033	0,0041	1,1	0,0011	0,024	0,002	-	-	-	Ví dụ so sánh
N	0,19	0,04	0,48	0,012	0,013	0,048	0,0045	1,5	0,0015	0,045	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
O	0,21	0,010	0,53	0,013	0,012	0,027	0,0090	1,4	0,0023	0,034	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
P	0,26	0,11	0,68	0,012	0,012	0,02	0,038	0,3	0,0021	0,028	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
Q	0,24	0,05	0,42	0,012	0,013	0,03	0,061	3,2	0,0009	0,018	0,002	-	-	-	Ví dụ so sánh
R	0,14	0,05	0,69	0,012	0,012	0,029	0,0045	1,6	0,0003	0,029	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
S	0,15	0,09	0,49	0,013	0,012	0,035	0,0055	1,2	0,0050	0,034	0,002	-	-	-	Ví dụ so sánh
T	0,21	0,09	0,56	0,012	0,012	0,028	0,0054	1,9	0,0013	0,090	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
U	0,18	0,05	0,54	0,012	0,012	0,029	0,0029	2,2	0,0015	0,002	0,001	-	-	-	Ví dụ so sánh
V	0,31	0,09	0,69	0,013	0,012	0,029	0,0041	0,9	0,0020	0,039	0,006	-	-	-	Ví dụ so sánh
W	0,21	0,07	0,39	0,012	0,013	0,027	0,057	0,6	0,0021	0,045	0,002	-	-	-	Ví dụ so sánh
X	0,24	0,11	0,67	0,012	0,013	0,031	0,064	1,1	0,0018	0,025	0,002	-	-	-	Ví dụ so sánh

[Bảng 2]

Số	Thép số	Khả năng chịu rền nguội		Độ bền mối sau khi xementit hóa		Ghi chú
		Tính chống biến dạng (MPa)	Tỷ lệ dát phẳng tới hạn (%)	Độ bền mối do uốn (MPa)	Độ bền mối bề mặt (MPa)	
1	A	701	61	830	3650	Ví dụ của sáng chế
2	B	721	62	840	3600	Ví dụ của sáng chế
3	C	725	56	870	3710	Ví dụ của sáng chế
4	D	741	58	870	3750	Ví dụ của sáng chế
5	E	753	54	910	3900	Ví dụ của sáng chế
6	F	750	60	810	3550	Ví dụ của sáng chế
7	G	755	53	830	3740	Ví dụ của sáng chế
8	H	779	55	920	3930	Ví dụ của sáng chế
10	J	708	68	<u>750</u>	<u>3420</u>	Ví dụ so sánh
11	K	<u>821</u>	<u>47</u>	<u>790</u>	3590	Ví dụ so sánh
12	L	<u>830</u>	<u>45</u>	840	3600	Ví dụ so sánh
13	M	<u>819</u>	<u>49</u>	890	3680	Ví dụ so sánh
14	N	750	55	810	<u>3450</u>	Ví dụ so sánh
15	O	<u>815</u>	<u>42</u>	840	3540	Ví dụ so sánh
16	P	<u>805</u>	<u>48</u>	<u>790</u>	<u>3400</u>	Ví dụ so sánh
17	Q	<u>812</u>	<u>54</u>	<u>740</u>	3560	Ví dụ so sánh
18	R	820	<u>48</u>	820	3600	Ví dụ so sánh
19	S	740	54	<u>720</u>	<u>3370</u>	Ví dụ so sánh
20	T	788	53	<u>780</u>	<u>3300</u>	Ví dụ so sánh
21	U	725	61	840	<u>3420</u>	Ví dụ so sánh
22	V	780	54	<u>760</u>	<u>3460</u>	Ví dụ so sánh
23	W	751	58	<u>790</u>	<u>3420</u>	Ví dụ so sánh
24	X	<u>804</u>	<u>49</u>	830	3550	Ví dụ so sánh

Danh sách ký hiệu tham khảo

- 1 Rãnh hình chữ V
- 2 Các bề mặt chịu nén (các bề mặt trên và dưới)
- 3 Các hốc hình nón (các hốc ngàm)

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép tôi bề mặt có hợp phần hóa học bao gồm:

C: 0,10% khối lượng đến 0,35% khối lượng,

Si: 0,01% khối lượng đến 0,13% khối lượng,

Mn: 0,30% khối lượng đến 0,80% khối lượng,

P: 0,02% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

S: 0,03% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Al: 0,01% khối lượng đến 0,045% khối lượng,

Cr: 0,5% khối lượng đến 3,0% khối lượng,

B: 0,0005% khối lượng đến 0,0040% khối lượng,

Nb: 0,003% khối lượng đến 0,080% khối lượng, và

N: 0,0080% khối lượng hoặc nhỏ hơn

trong phạm vi thỏa mãn các công thức (1) và (2) sau đây,

Ti làm tạp chất: 0,005% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

tùy ý một hoặc nhiều trong số

Cu: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

Ni: 0,5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, và

V: 0,1% khối lượng hoặc nhỏ hơn,

phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh khỏi:

$$3,0[\%Si] + 9,2[\%Cr] + 10,3[\%Mn] \geq 10,0 \text{ --- (1)}$$

$$3,0[\%Si] + 1,0[\%Mn] < 1,0 \text{ --- (2)}$$

trong đó [%M] thể hiện hàm lượng nguyên tố M (% khối lượng).

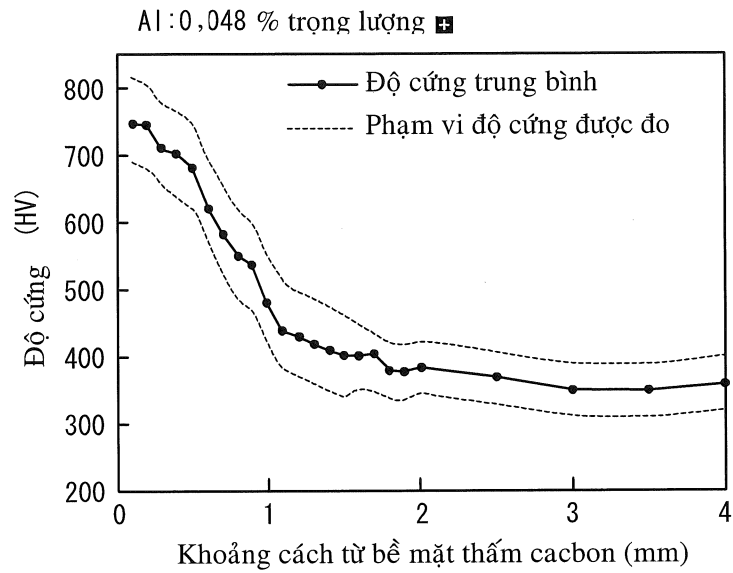
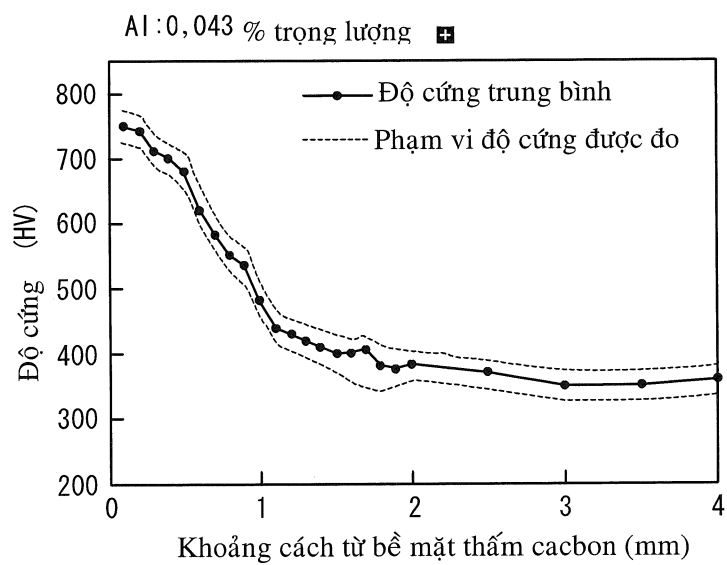
FIG. 1*FIG. 2*

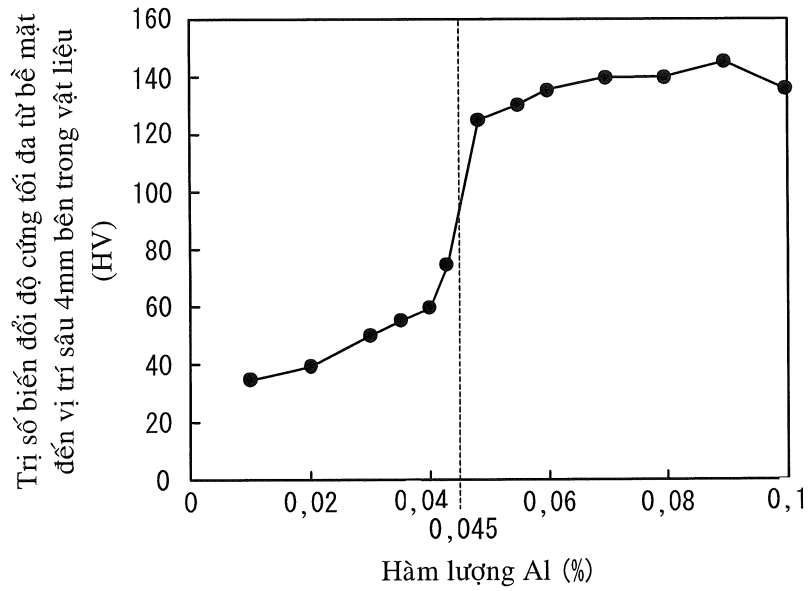
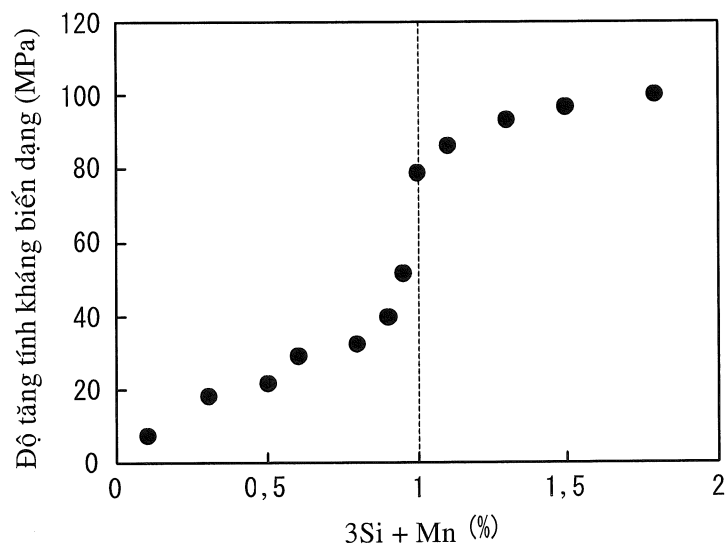
FIG. 3*FIG. 4*

FIG. 5A

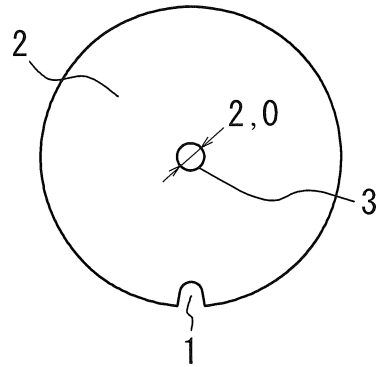


FIG. 5B

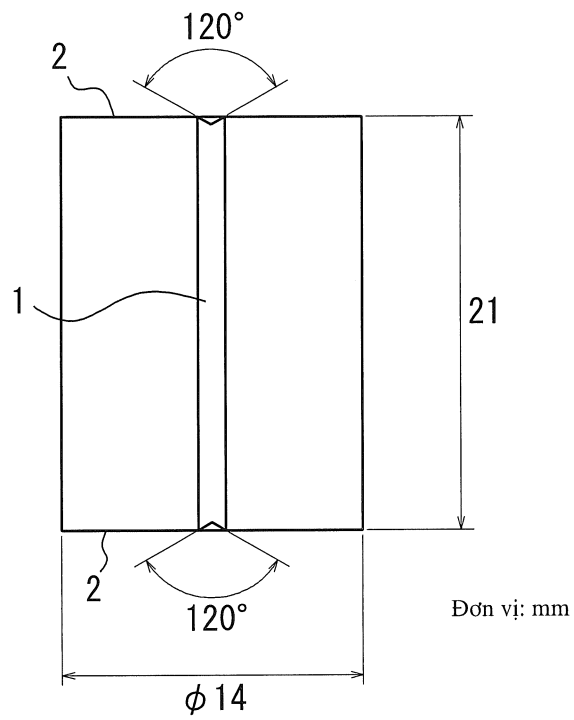
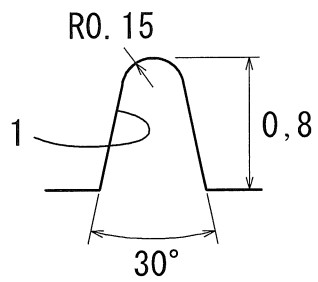


FIG. 5C



Phần cắt rãnh