



(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)



1-0026506

(51)⁸ C22C 38/00; C22C 38/60; C21D 8/02

(13) B

(21) 1-2019-01605

(22) 14/12/2017

(86) PCT/JP2017/044984 14/12/2017

(87) WO 2019/116520 A1 20/06/2019

(45) 25/11/2020 392

(43) 25/09/2019 378A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) SUGAE, Kiyonobu (JP); DOI, Takashi (JP); SHIGESATO, Genichi (JP);
KASHIMA, Kazuyuki (JP).

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

(54) VẬT LIỆU THÉP

(57) Sáng chế đề cập đến vật liệu thép chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng, C: từ 0,01 đến 0,20%, Si: từ 0,01 đến 1,00%, Mn: từ 0,05 đến 3,00%, P: từ 0 đến 0,050%, S: từ 0 đến 0,0100%, Sn: từ 0,05 đến 0,25%, Al: từ 0 đến 0,100%, N: từ 0,0005 đến 0,0100%, O: từ 0,0001 đến 0,0100%, Ti: từ 0 đến 0,050%, Nb: từ 0 đến 0,050%, V: từ 0 đến 0,050%, W: từ 0 đến 0,050%, Mo: từ 0 đến 0,050%, Cu: từ 0 đến 0,10%, Ni: từ 0 đến 0,05%, Cr: từ 0 đến 0,10%, Sb: từ 0 đến 0,05%, B: từ 0 đến 0,0010%, Ca: từ 0 đến 0,0100%, Mg: từ 0 đến 0,0100%, kim loại đất hiếm (REM): từ 0 đến 0,0100%, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, trong đó tỷ lệ Sn của nồng độ Sn, a, tại biên hạt tinh thể với nồng độ Sn, b, bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi a/b, là 1,2 hoặc nhỏ hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến vật liệu thép.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, có nhu cầu tăng cao đối với việc cải thiện các đặc tính vật liệu của nhiều loại vật liệu thép khác nhau, như các tấm thép dày cần được sử dụng cho các công trình lớn như các công trình ngoài khơi được xây dựng ở vùng biển đóng băng, hoặc các cây cầu, và ngoại trừ việc cải thiện độ bền chống ăn mòn, có nhu cầu cao đối với việc cải thiện độ bền ở nhiệt độ thấp và các đặc tính môi.

Thông thường, thép hợp kim Sn đã được đề xuất để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn trong môi trường nước biển.

Ví dụ, đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản (JP-A) số 2010-064110, JP-A số 2012-057236, và JP-A số 2012-255184 bộc lộ các vật liệu thép mà trong đó độ bền chống ăn mòn trong môi trường chứa các ion clorua (các ion Cl^-) được cải thiện bởi chất lẫn là Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,005 đến 0,3% khối lượng, từ 0,02 đến 0,40% khối lượng, và từ 0,01 đến 0,50% khối lượng, tương ứng.

Ngoài ra, JP-A số 2012-144799 bộc lộ vật liệu thép cho công trình ngoài khơi chứa Sn với lượng nằm trong khoảng từ 0,03 đến 0,5% khối lượng, và bao gồm ferit và pha rắn thứ hai.

Ngoài ra, patent Nhật Bản số 5839151 bộc lộ kỹ thuật để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn của thép bằng cách quy định tỷ lệ nồng độ Sn giữa cấu trúc mềm và cấu trúc cứng bằng cách chia quy trình làm mát bằng nước thành hai giai đoạn.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật cần giải quyết

Như được mô tả ở trên, để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn trong môi trường nước biển hoặc tương tự, thép hợp kim Sn được đề xuất. Tuy nhiên, ngoại trừ việc cải thiện độ bền chống ăn mòn bằng cách bổ sung Sn, còn việc cải thiện các đặc tính cơ học, đặc biệt là độ bền và đặc tính chịu mỏi, được yêu cầu.

Ví dụ, so với các tài liệu sáng chế trong số các tài liệu JP-A số 2010-064110, 2012-057236, và 2012-255184, mà bộc lộ việc cải thiện độ bền chống ăn mòn bằng cách bổ sung Sn, còn phải xem xét việc cải thiện độ bền và đặc tính chịu môi, và kỹ thuật mà đáp ứng tất cả các nhu cầu liên quan đến độ bền chống ăn mòn, độ bền, và đặc tính chịu môi vẫn được yêu cầu.

Trong sáng chế được mô tả trong JP-A số 2012-144799, trong khi cả hai độ bền chống ăn mòn và độ bền ở nhiệt độ thấp có thể được cải thiện, còn phải xem xét việc cải thiện đặc tính chịu môi.

Ngoài ra, theo patent Nhật Bản số 5839151, độ bền chống ăn mòn của thép được cải thiện bằng cách quy định tỷ lệ nồng độ Sn giữa cấu trúc mềm và cấu trúc cứng bằng cách chia quy trình làm mát bằng nước thành hai giai đoạn; tuy nhiên, còn phải xem xét việc cải thiện độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu môi.

Mục đích của sáng chế là đề xuất vật liệu thép mà có độ bền chống ăn mòn cũng như là độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu môi rất tốt.

Cách thức giải quyết vấn đề

Sáng chế được thực hiện để đạt được mục đích nêu trên với vật liệu thép mà có những dấu hiệu cần thiết như sau.

1. Vật liệu thép chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,20%,

Si: từ 0,01 đến 1,00%,

Mn: từ 0,05 đến 3,00%,

P: từ 0 đến 0,050%,

S: từ 0 đến 0,0100%,

Sn: từ 0,05 đến 0,25%,

Al: từ 0 đến 0,100%,

N: từ 0,0005 đến 0,0100%,

O: từ 0,0001 đến 0,0100%,

Ti: từ 0 đến 0,050%,

Nb: từ 0 đến 0,050%,

V: từ 0 đến 0,050%,

W: từ 0 đến 0,050%,

Mo: từ 0 đến 0,050%,

Cu: từ 0 đến 0,10%,

Ni: từ 0 đến 0,05%,

Cr: từ 0 đến 0,10%,

Sb: từ 0 đến 0,05%,

B: từ 0 đến 0,0010%,

Ca: từ 0 đến 0,0100%,

Mg: từ 0 đến 0,0100%,

kim loại đất hiếm (REM): từ 0 đến 0,0100%, và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

mà trong đó tỷ lệ Sn của nồng độ Sn, a, tại biên hạt tinh thể với nồng độ Sn, b, bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi a/b , là 1,2 hoặc nhỏ hơn.

2. Vật liệu thép theo mục (1), trong đó vật liệu này ở dạng tấm thép với độ dày tấm nằm trong khoảng từ 6 đến 100mm.

Hiệu quả của sáng chế

Theo sáng chế, có thể thu được vật liệu thép có độ bền chống ăn mòn, độ bền ở nhiệt độ thấp, và đặc tính chịu mỏi rất tốt.

Mô tả chi tiết sáng chế

Vật liệu thép theo các phương án của sáng chế sẽ được mô tả một cách chi tiết.

Phạm vi số được thể hiện bởi "từ x đến y" hoặc "giữa x và y" bao gồm ở đây các giá trị của x và y trong phạm vi là giá trị tối thiểu và giá trị tối đa, tương ứng.

Vật liệu thép theo phương án, chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng, C: từ 0,01 đến 0,20%, Si: từ 0,01 đến 1,00%, Mn: từ 0,05 đến 3,00%, P: từ 0 đến 0,050%, S: từ 0 đến 0,0100%, Sn: từ 0,05 đến 0,25%, Al: từ 0 đến 0,100%, N: từ 0,0005 đến 0,0100%, O: từ 0,0001 đến 0,0100%, Ti: từ 0 đến 0,050%, Nb: từ 0 đến 0,050%, V: từ 0 đến 0,050%, W: từ 0 đến 0,050%, Mo: từ 0 đến 0,050%, Cu: từ 0 đến 0,10%, Ni: từ 0 đến 0,05%, Cr: từ 0 đến 0,10%, Sb: từ 0 đến 0,05%, B: từ 0 đến 0,0010%, Ca: từ 0 đến 0,0100%, Mg: từ 0 đến 0,0100%, kim loại đất hiếm (REM): từ 0 đến 0,0100%, và phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất, mà trong đó tỷ lệ Sn của nồng độ Sn, a, tại biên hạt tinh thể với nồng độ Sn, b, bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi a/b, là 1,2 hoặc nhỏ hơn.

Khi vật liệu thép theo phương án có thành phần nêu trên, có thể là vật liệu thép có độ bền chống ăn mòn và độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu mỏi rất tốt. Mặc dù lý do không rõ ràng, nhưng được giả định như sau.

Các tác giả chuẩn bị nhiều tấm thép khác nhau chứa các hàm lượng Sn khác nhau, và điều tra mối quan hệ giữa độ bền chống ăn mòn và độ bền. Kết quả là, tìm ra rằng để tăng hàm lượng Sn, độ bền chống ăn mòn cải thiện, nhưng năng lượng hấp thụ (độ bền ở nhiệt độ thấp) ở 0°C trong thử nghiệm tác động Charpy có thể suy giảm trong một số trường hợp. Ví dụ, khi ngưỡng của độ bền chống ăn mòn trong thử nghiệm SAE J 2334 được thiết lập tại 0,6mm hoặc nhỏ hơn, và ngưỡng của năng lượng hấp thụ ở 0°C được thiết lập tại 150 J hoặc lớn hơn, tìm ra rằng cả hai không thể được đáp ứng dễ dàng một cách ổn định.

Do đó, việc kiểm tra thêm đối với độ bền chống ăn mòn và năng lượng hấp thụ được tiến hành, và kết quả là, thành phần của vật liệu thép, mà với thành phần này năng lượng hấp thụ rất tốt có thể thu được thậm chí tại hàm lượng Sn cao, được tìm thấy.

Ngoài ra, việc điều tra chi tiết đối với vật liệu thép với năng lượng hấp thụ được cải thiện được tiến hành, và kết quả là tìm thấy rằng tỷ lệ giữa Sn tại biên hạt tinh thể và Sn bên trong hạt tinh thể ảnh hưởng mạnh đến độ bền ở nhiệt độ thấp của thép. Ngoài ra, tìm thấy mà tỷ lệ giữa Sn tại biên hạt tinh thể và Sn bên trong hạt tinh thể cũng ảnh hưởng đến đặc tính mỏi của thép. Ngoài ra, tìm thấy rằng có ảnh hưởng

tương tự đến độ bền chống ăn mòn.

Các tác giả còn nghiên cứu sâu hơn về vật liệu thép có tất cả của độ bền chống ăn mòn, độ bền ở nhiệt độ thấp, và đặc tính chịu mỏi rất tốt, và kết quả là, sau đó thu được phát hiện sau đây.

Khi điểm nóng chảy của Sn là thấp, khi Sn được bổ sung vào vật liệu thép, Sn khuếch tán trong hạt tinh thể trong suốt quá trình làm mát sau khi cán và gia nhiệt lại, và phân tách tại biên hạt tinh thể. Sau đó, khi sự phân tách Sn tại biên hạt tinh thể xảy ra, độ bền của thép giảm đáng kể.

Về vấn đề này, khi sự phân tách của Sn tại biên hạt tinh thể của Sn trong vật liệu thép được hạn chế, cụ thể, khi tỷ lệ Sn của nồng độ Sn [a] tại biên hạt tinh thể đến nồng độ Sn [b] bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi [a/b] (sau đây còn được gọi một cách đơn giản là "tỷ lệ giữa Sn tại biên hạt tinh thể và Sn bên trong hạt tinh thể") là 1,2 hoặc nhỏ hơn, tìm ra rằng độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu mỏi đã được cải thiện, trong khi duy trì độ bền chống ăn mòn rất tốt.

Không có giới hạn cụ thể về phương tiện điều chỉnh tỷ lệ giữa Sn tại biên hạt tinh thể và Sn bên trong hạt tinh thể đến 1,2 hoặc nhỏ hơn, và ví dụ, khi thép chứa Sn được sản xuất dưới các điều kiện phù hợp, có thể hạn chế sự phân tách của Sn tại biên hạt. Cụ thể, thép sau khi cán kết thúc được làm mát chậm lần thứ nhất, sau đó được giữ ở nhiệt độ được xác định trước trong khoảng thời gian nhất định của thời gian cho phép sự phục hồi. Sau đó bằng cách tiến hành làm mát nhanh đến nhiệt độ của 550°C hoặc nhỏ hơn, sự phân tách của Sn tại biên hạt có thể được hạn chế, và tỷ lệ Sn có thể được quy định nằm trong phạm vi nêu trên.

Phương án này được đề ra dựa trên những phát hiện nêu trên. Mỗi yêu cầu theo phương án sẽ được mô tả một cách chi tiết dưới đây.

(A) Thành phần hóa học

Những lý do để xác định các phân tử tương ứng là như sau. Trong phần mô tả sau đây, "%" có nghĩa là "% khối lượng".

C: 0,01 đến 0,20%

C là phân tử để làm cải thiện độ bền của vật liệu thép. Tuy nhiên, khi hàm

lượng C là quá mức, tính hàn gần bị suy giảm đáng kể. Ngoài ra, để làm hàm lượng C tăng, lượng hình thành của xỉ măng mà hoạt động như cực âm để thúc đẩy sự ăn mòn trong môi trường độ pH thấp tăng, và độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép giảm. Do đó, hàm lượng C được xác định là nằm trong khoảng từ 0,01 đến 0,20%. Hàm lượng C tốt hơn là 0,02% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,03% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng C có thể là 0,05%, 0,07%, hoặc 0,09%. Ngoài ra, hàm lượng C tốt hơn là 0,18% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,16% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng C có thể là 0,15%, hoặc 0,13%.

Si: 0,01 đến 1,00%

Si là phần tử cần thiết cho sự khử oxy. Để thu được hiệu quả khử oxy một cách đầy đủ, cần phải chứa 0,01% hoặc lớn hơn. Mặt khác, khi hàm lượng Si là quá mức, độ bền của vật liệu thép, đặc biệt là khi việc hàn được thực hiện, độ bền của kim loại gốc và vùng bị ảnh hưởng bởi nhiệt hàn bị giảm. Do đó, hàm lượng Si được xác định là nằm trong khoảng từ 0,01 đến 1,00%. Hàm lượng Si tốt hơn là 0,03% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,05% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng Si có thể là 0,10%, 0,15%, hoặc 0,20%. Ngoài ra, hàm lượng Si tốt hơn là 0,80% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,60% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Si có thể là 0,50%, 0,40%, hoặc 0,30%.

Mn: 0,05 đến 3,00%

Mn là phần tử có hoạt động làm tăng độ bền của vật liệu thép với chi phí thấp. Tuy nhiên, khi hàm lượng Mn là quá mức, sự phân tách Mn tăng, và độ bền suy giảm. Do đó, hàm lượng Mn được xác định là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 3,00%. Hàm lượng Mn tốt hơn là 0,50% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,80% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, hàm lượng Mn tốt hơn là 2,50% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 2,00% hoặc nhỏ hơn.

P: 0 đến 0,050%

P là phần tử tồn tại như tạp chất trong vật liệu thép. P là phần tử mà làm giảm tính chịu axit của vật liệu thép, và làm giảm độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép trong môi trường ăn mòn clorua trong đó độ pH tại mặt phân cách sự ăn mòn giảm. P

cũng làm suy giảm tính hàn gắn và độ bền của vật liệu thép. Do đó, hàm lượng P bị giới hạn là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng P tốt hơn là 0,040% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,030% hoặc nhỏ hơn. Để làm cải thiện độ bền, giới hạn trên của hàm lượng P có thể là 0,020%, 0,015%, hoặc 0,010%. Mặc dù không dễ để loại bỏ hoàn toàn P, không cần phải loại trừ nó, và giới hạn dưới của hàm lượng P là 0%. Khi chi phí khử lưu huỳnh cho sự khử lưu huỳnh đến nồng độ cực thấp là cao, giới hạn dưới của hàm lượng P có thể là 0,0005%, 0,001%, hoặc 0,003%.

S: 0 đến 0,0100%

S là phần tử tồn tại như tạp chất trong vật liệu thép. S tạo thành MnS làm điểm bắt đầu của sự ăn mòn trong vật liệu thép. Khi hàm lượng S vượt quá 0,0100%, sự giảm độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép trở nên dễ nhận thấy. Do đó, hàm lượng S bị giới hạn là 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng S tốt hơn là 0,0080% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0060% hoặc nhỏ hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn. Mặc dù không dễ để loại bỏ hoàn toàn S, không cần phải loại trừ nó, và giới hạn dưới của hàm lượng S là 0%. Khi chi phí tinh chế cho sự khử lưu huỳnh đến nồng độ cực thấp là cao, giới hạn dưới của hàm lượng S có thể là 0,0005%, hoặc 0,0010%.

Sn: 0,05 đến 0,25%

Khi Sn hạn chế đáng kể phản ứng hòa tan cực dương của vật liệu thép trong môi trường clorua có độ pH thấp, cải thiện độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép trong môi trường ăn mòn clorua rất tốt. Tuy nhiên, khi hàm lượng Sn trở nên quá mức, không chỉ hiệu quả nêu trên là bão hòa, mà còn độ bền của vật liệu thép, và đặc biệt là khi việc hàn được thực hiện, độ bền của vật liệu nền, và mối hàn đầu vào nhiệt cao suy giảm. Do đó, hàm lượng Sn được xác định là nằm trong khoảng từ 0,05 đến 0,25%. Hàm lượng Sn tốt hơn là 0,07% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,09% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,10% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, hàm lượng Sn tốt hơn là 0,20% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,18% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,016% hoặc nhỏ hơn.

Al: 0 đến 0,100%

Al là phần tử hữu hiệu để khử oxy vật liệu thép. Khi Si được chứa trong vật

liệu thép trong phương án này, sự khử oxy được thực hiện bởi Si. Do đó, quy trình xử lý khử oxy với Al không thực sự cần thiết, và giới hạn dưới của hàm lượng Al là 0%. Tuy nhiên, sự khử oxy với Al có thể được thực hiện ngoại trừ tương tự với Si. Trong khi đó, khi hàm lượng Al vượt quá 0,100%, độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép trong môi trường độ pH thấp được giảm, sao cho độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép trong môi trường ăn mòn clorua được giảm. Ngoài ra, khi hàm lượng Al vượt quá 0,100%, nitrua trở nên thô và độ bền của vật liệu thép giảm. Do đó, hàm lượng Al được xác định là nằm trong khoảng từ 0 đến 0,100%. Để thu được hiệu quả khử oxy với Al, hàm lượng Al tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn, còn tốt hơn nữa là 0,015% hoặc lớn hơn, vẫn còn tốt hơn nữa là 0,020% hoặc lớn hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,025% hoặc lớn hơn. Ngoài ra, hàm lượng Al tốt hơn là 0,060% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,045% hoặc nhỏ hơn.

N: 0,0005 đến 0,0100%

N hòa tan ở dạng amoniac và có hiệu quả cải thiện độ bền chống ăn mòn của tấm thép trong môi trường mặn bằng cách hạn chế sự giảm độ pH do sự thủy phân của Fe^{3+} trong môi trường trong đó lượng hạt muối trong không khí là cao. Mặt khác, khi hàm lượng N là quá mức, không chỉ làm bão hòa, mà còn làm suy giảm độ bền của tấm thép. Do đó, hàm lượng N được quy định là nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,0100%. Khi không dễ để làm giảm giới hạn dưới của N ở dưới 0,0005%, và nó cũng tốn kém, giới hạn dưới được thiết lập là 0,0005%. Giới hạn dưới của hàm lượng N có thể được thiết lập là 0,0010% hoặc 0,0020%, theo nhu cầu. Khi hàm lượng của N vượt quá 0,0100%, phát sinh rủi ro mà AlN thô được tạo thành và độ bền có nguy cơ giảm, so giới hạn trên được thiết lập là 0,0100%. Để tăng thêm độ bền, giới hạn trên của hàm lượng N có thể được thiết lập là 0,0080% hoặc 0,0060%.

O: 0,0001 đến 0,0100%

Khi vật liệu thép chứa lượng nhỏ của O (oxygen), độ bền của vật liệu được cải thiện, và đặc biệt là khi việc hàn được áp dụng, độ bền của mối hàn được cải thiện. Trong khi đó, O tạo thành oxit, như SnO và SnO₂. Do đó, khi hàm lượng O trở nên quá mức, khi hàm lượng O trở nên quá mức, nồng độ Sn trong thép có thể không được đảm bảo đầy đủ. Ngoài ra, khi các hoạt động oxit nêu trên làm điểm bắt đầu của sự ăn

mòn, độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép giảm. Do đó, hàm lượng O được quy định là nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 0,0100%. Hàm lượng của O tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0003% hoặc lớn hơn. Giới hạn dưới của hàm lượng O có thể là 0,0005%, 0,0010%, 0,0015%, hoặc 0,0019%. Ngoài ra, hàm lượng O tốt hơn là 0,0090% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0080% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng O có thể là 0,0060%, 0,0040%, hoặc 0,0030%.

Ti: 0 đến 0,050%

Nb: 0 đến 0,050%

V: 0 đến 0,050%

Tất cả trong số Ti, Nb, và V mà các phần tử mà tạo thành các kết tủa để tăng cường độ bền của vật liệu thép, và có thể được chứa theo nhu cầu. Không phải điều kiện tiên quyết là phải chứa các phần tử, và các giới hạn dưới của các hàm lượng của chúng đều là 0%. Mặt khác, khi Ti, Nb, hoặc V được chứa nhiều quá mức, độ bền có nguy cơ giảm. Do đó, mỗi nồng độ nên là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Mỗi hàm lượng tốt hơn là 0,0030% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,020% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, một hoặc nhiều loại được chọn từ Ti, Nb, và V có thể được chứa tại 0,001% hoặc lớn hơn.

W: 0 đến 0,050%

Mo: 0 đến 0,050%

Khi hàm lượng của W hoặc Mo vượt quá 0,050%, độ bền chống ăn mòn giảm. Do đó, các hàm lượng của W và Mo nên lần lượt là 0,050% hoặc nhỏ hơn. Tốt hơn là cả hai hàm lượng là 0,040% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng W và hàm lượng Mo có thể là 0,030%, 0,020%, 0,010%, hoặc 0,005%. Để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn, tốt hơn là hàm lượng W và hàm lượng Mo càng nhỏ càng tốt, và các giới hạn dưới của các nồng độ của chúng là 0%. Tuy nhiên, để làm cải thiện các đặc tính này làm độ dẻo dai hoặc độ bền (cụ thể là độ bền ở nhiệt độ thấp), W và Mo có thể được chứa, và các giới hạn dưới của các hàm lượng của chúng có thể là 0,010%, hoặc 0,020%.

Cu: 0 đến 0,10%

Người ta thường tin rằng Cu là phần tử mà cải thiện độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép. Tuy nhiên, các tác giả tìm ra rằng độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép giảm trong môi trường ăn mòn chứa clorua như được giả định trong phương án này, khi nó chứa Cu. Hàm lượng Cu tốt hơn là càng thấp càng tốt, và giới hạn dưới của hàm lượng Cu nên là 0%. Trong khi đó, xét đến khả năng nhiễm bẩn như tạp chất, hàm lượng Cu được thiết lập là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Vì mục đích tăng cường độ bền chống ăn mòn, hàm lượng Cu tốt hơn là 0,07% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,05% hoặc nhỏ hơn, còn tốt hơn nữa là 0,03% hoặc nhỏ hơn, và vẫn còn tốt hơn nữa là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cu đặc biệt tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn.

Ni: 0 đến 0,05%

Người ta thường tin rằng Ni cải thiện, tương tự như Cu, độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép. Tuy nhiên, các tác giả tìm ra rằng độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép giảm trong môi trường ăn mòn chứa clorua như được giả định trong phương án này, khi nó chứa Ni. Hàm lượng Ni tốt hơn là càng thấp càng tốt, và giới hạn dưới của hàm lượng Ni nên là 0%. Trong khi đó, thậm chí khi nó được trộn vào như một tạp chất, miễn là hàm lượng Ni là 0,05% hoặc nhỏ hơn, độ bền chống ăn mòn giảm chỉ một chút. Do đó, hàm lượng Ni được thiết lập là 0,05% hoặc nhỏ hơn. Vì mục đích tăng cường độ bền chống ăn mòn, hàm lượng Ni tốt hơn là 0,03% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,01% hoặc nhỏ hơn.

Cr: 0 đến 0,10%

Người ta thường tin rằng Cr là phần tử mà cải thiện độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép. Tuy nhiên, các tác giả tìm ra rằng độ bền chống ăn mòn của vật liệu thép bị suy giảm trong môi trường ăn mòn chứa clorua như được giả định trong phương án này, khi nó chứa Cr. Hàm lượng Cr tốt hơn là càng thấp càng tốt, và giới hạn dưới của hàm lượng Cr nên là 0%. Trong khi đó, xét đến khả năng nhiễm bẩn như tạp chất, hàm lượng Cr được thiết lập là 0,10% hoặc nhỏ hơn. Vì mục đích tăng cường độ bền chống ăn mòn, hàm lượng Cr tốt hơn là 0,07% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,05%, còn tốt hơn nữa là 0,03% hoặc nhỏ hơn, và vẫn còn tốt hơn nữa là 0,02% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Cr đặc biệt tốt hơn là 0,01% hoặc nhỏ hơn.

Sb: 0 đến 0,05%

Khi Sb là phần tử mà cải thiện tính chịu axit, Sb có thể cần được chứa. Không bắt buộc phải chứa Sb, và giới hạn dưới của hàm lượng của nó là 0%. Ngẫu nhiên, thậm chí khi Sb được chứa với lượng vượt quá 0,05%, không chỉ làm bão hòa, mà còn làm suy giảm độ bền và tương tự của vật liệu thép. Do đó, hàm lượng Sb được thiết lập là 0,05% hoặc nhỏ hơn. Giới hạn trên của hàm lượng Sb có thể là 0,04% hoặc nhỏ hơn, hoặc 0,03% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, hàm lượng Sb tốt hơn là 0,005% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,010% hoặc lớn hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,015% hoặc lớn hơn. Khi không cần thiết phải thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn trên của hàm lượng Sb có thể là 0,015%, 0,010%, hoặc 0,005% theo nhu cầu.

B: 0 đến 0,0010%

B là phần tử làm tăng độ bền của vật liệu thép bằng cách bổ sung lượng nhỏ của nó, vì vậy nó có thể được bổ sung một cách tùy chọn. Không bắt buộc phải chứa B, và giới hạn dưới của hàm lượng của nó là 0%. Khi B được bổ sung với lượng vượt quá 0,0010%, độ bền có thể bị suy giảm, vì vậy hàm lượng B được thiết lập là 0,0010% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, hàm lượng B tốt hơn là 0,0003% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Khi không cần thiết phải thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn trên của hàm lượng B có thể là 0,0005%, hoặc 0,0003%, theo nhu cầu.

Ca: 0 đến 0,0100%

Ca có mặt trong sự hình thành của oxit trong vật liệu thép, và có hoạt động hạn chế sự giảm độ pH trên bề mặt phân cách trong vùng phản ứng ăn mòn để ngăn chặn sự ăn mòn, và do đó Ca có thể được bao gồm nếu cần. Không bắt buộc phải chứa Ca, và giới hạn dưới của hàm lượng của nó là 0%. Khi hàm lượng Ca vượt quá 0,0100%, hiệu quả nêu trên là bão hòa. Theo đó, hàm lượng Ca được thiết lập là 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng được ưu tiên là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, hàm lượng Ca tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Khi không cần thiết phải thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn trên của hàm lượng Ca có thể là 0,0030%, 0,0005%, hoặc 0,0002% hoặc nhỏ hơn, theo nhu cầu.

Mg: 0 đến 0,0100%

Tương tự với Ca, Mg có hoạt động hạn chế sự giảm độ pH trên bề mặt phân cách trong vùng phản ứng ăn mòn để ngăn chặn sự ăn mòn của vật liệu thép, và do đó Mg có thể được bao gồm theo nhu cầu. Không bắt buộc phải chứa Mg, và giới hạn dưới của hàm lượng của nó là 0%. Khi hàm lượng Mg vượt quá 0,0100%, hiệu quả nêu trên là bão hòa. Do đó, hàm lượng Mg được thiết lập là 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng Mg tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, hàm lượng Mg tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Khi không cần thiết phải thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn trên của hàm lượng Mg có thể được thiết lập tại 0,0030%, 0,0005%, hoặc 0,0002%, theo nhu cầu.

REM: 0 đến 0,0100%

Khi REM (phần tử đất hiếm) là phần tử mà cải thiện tính hàn gắn của vật liệu thép, nó có thể cần được bao gồm. Không bắt buộc phải chứa REM, và giới hạn dưới của hàm lượng của nó là 0%. Khi hàm lượng REM vượt quá 0,0100%, hiệu quả nêu trên là bão hòa. Do đó, hàm lượng REM nên là 0,0100% hoặc nhỏ hơn. Hàm lượng REM tốt hơn là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 0,0040% hoặc nhỏ hơn. Để thu được hiệu quả nêu trên, hàm lượng REM tốt hơn là 0,0002% hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,0005% hoặc lớn hơn. Khi không cần thiết phải thu được hiệu quả nêu trên, giới hạn trên của hàm lượng Mg có thể được thiết lập tại 0,0030%, 0,0005%, hoặc 0,0002%, theo nhu cầu.

Về vấn đề này, REM là thuật ngữ tổ hợp của 17 phần tử bao gồm 15 phần tử của lanthanoid, cũng như là Y và Sc. Một hoặc nhiều trong số 17 phần tử có thể được chứa trong vật liệu thép, và hàm lượng REM là tổng của các hàm lượng của các phần tử này.

Phần còn lại của thành phần hóa học của vật liệu thép theo phương án là Fe và các tạp chất.

Về vấn đề này, "tạp chất" có nghĩa là thành phần mà được trộn vào khi vật liệu thép được sản xuất trong công nghiệp do nhiều yếu tố khác nhau liên quan đến nguyên liệu thô, như quặng, và mặt sắt, hoặc quy trình sản xuất, và mà có thể chịu được miễn là phương án không bị ảnh hưởng xấu.

(B) Tỷ lệ Sn

Tỷ lệ Sn của nồng độ Sn [a] tại biên hạt tinh thể đến nồng độ Sn [b] bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi [a/b]: 1,2 hoặc nhỏ hơn

Như được mô tả ở trên, tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể ảnh hưởng đến độ bền ở nhiệt độ thấp, đặc tính chịu mỏi và độ bền chống ăn mòn của thép. Khi Sn được phân tách tại biên hạt tinh thể và tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể vượt quá 1,2, hiệu quả cải thiện đối với độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu mỏi có thể không được như mong muốn. Do đó, tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể được thiết lập là 1,2 hoặc nhỏ hơn. Tỷ lệ Sn tốt hơn là 1,1 hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn nữa là 1,05 hoặc nhỏ hơn. Mặc dù giới hạn dưới của tỷ lệ Sn không cần xác định cụ thể, giới hạn dưới có thể được thiết lập là 0,7, 0,8, 0,9, hoặc 1,0.

Không có kết tủa của Sn trong vật liệu thép theo phương án, và phần chiết dư là 0%. Tức là, tất cả của Sn được hòa tan làm dung dịch rắn trong vật liệu thép.

Tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể theo phương án có thể được xác định bằng phương pháp dưới đây. Thứ nhất, mẫu vật hình trụ có đường kính là 3mm và độ dài là 10mm được tạo ra từ vật liệu thép tại vị trí là 1/4 t (t là độ dày tấm hoặc độ dày thành). Sau đó, mẫu vật được trải qua cơ chế gây tác động chân không cực cao gắn liền với máy phân tích quang phổ Auger (Model 670i, được sản xuất bởi ULVAC-PHI, Inc.), và về mặt gãy, mà được tạo thành do gãy trong chân không ($1,0E^{-9}$ Torr hoặc nhỏ hơn) trong khí quyển ở nhiệt độ nitơ lỏng (-150°C), được quan sát thấy. Bề mặt gãy hầu như được chiếm giữ bởi các bề mặt gãy phân tách có mô hình dạng sóng, và các bề mặt gãy núp đồng tiền, và các bề mặt gãy liên vùng thưa thớt cũng được nhận thấy. Biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể của bề mặt gãy được phân biệt bởi phương pháp hình học vĩ mô, và quang phổ Auger được đo tại 10 vị trí trong mỗi biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Để xác nhận sự phân biệt giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể, bề mặt gãy được kiểm tra bởi phương pháp hình học vĩ mô được phân tích bởi quang phổ Auger so với C, mà phù hợp để phân tách tại biên hạt tinh thể, để xác nhận sự phân biệt giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Tỷ lệ Sn được tính toán bằng cách đo tỷ lệ của các nồng độ (% nguyên tử) của Sn giữa

biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Về vấn đề này, hệ số độ nhạy tương đối được hiệu chuẩn với Au.

(C) Các kích thước

Không có giới hạn cụ thể trên các kích thước như độ dày là vật liệu thép theo phương án. Tuy nhiên, hiệu quả cải thiện độ bền chống ăn mòn, độ bền ở nhiệt độ thấp, và tính chịu mỏi thu được đáng kể hơn khi vật liệu thép được sử dụng trong sự hình thành của tấm thép có độ dày là từ 6 đến 100mm. Độ dày (độ dày tấm) của tấm thép tốt hơn là từ 10 đến 40mm. Vật liệu thép có thể là ống thép hoặc một phần thép, và độ dày là nó hoặc độ dày thành có thể nằm trong khoảng từ 3 đến 50mm.

(D) Phương pháp sản xuất

Vật liệu thép theo phương án có thể được sản xuất sử dụng, ví dụ, phương pháp sản xuất như được mô tả dưới đây.

Cụ thể, phương pháp sản xuất vật liệu thép bao gồm:

bước tạo ra phôi tấm mà thành phần hóa học của nó là tương tự như thành phần nêu trên,

bước gia nhiệt mà gia nhiệt phôi tấm từ 1000 đến 1150°C,

bước cán thô mà áp dụng quy trình cán thô cho phôi tấm,

bước cán kết thúc mà áp dụng quy trình cán kết thúc cho phôi tấm đã trải qua quy trình cán thô sao cho nhiệt độ kết thúc của bề mặt nằm trong khoảng từ 900 đến 750°C trong khi giữ tỷ lệ giảm cán từ 950°C tại 50% hoặc cao hơn,

bước làm mát nhanh thứ nhất mà thực hiện làm mát nhanh tấm được cán kết thúc (vật liệu thép) tại tốc độ làm mát của từ 5 đến 10°C/giây đến khi nhiệt độ bề mặt đạt 630°C hoặc nhỏ hơn,

bước phục hồi mà hạn chế làm mát nhanh phôi tấm (vật liệu thép) sau bước làm mát nhanh thứ nhất và cho phép làm mát trong không khí trong 30 đến 120 giây (sự hạn chế của làm mát nhanh và làm mát trong không khí sau đây được gọi là "giữ"), và còn cho phép sự phục hồi bởi nhiệt từ bên trong phôi tấm (vật liệu thép) đến khi nhiệt độ bề mặt đạt nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650 đến 700°C

bước làm mát nhanh thứ hai của thực hiện làm mát nhanh phơi tẩm (vật liệu thép) sau bước phục hồi tại tốc độ làm mát của từ 10 đến 60°C/giây đến khi nhiệt độ bề mặt đạt 550°C hoặc nhỏ hơn, và

bước làm mát bằng không khí của thực hiện để làm mát trong không khí sau bước làm mát nhanh thứ hai.

Nhiệt độ gia nhiệt trong bước gia nhiệt nằm trong khoảng từ 1000 đến 1150°C. Khi nhiệt độ nằm trong phạm vi nêu trên, kích thước hạt austenit tại thời điểm gia nhiệt có thể được giữ là nhỏ, sao cho sự tinh chế hạt của cấu trúc cán có thể đạt được. Khi nhiệt độ gia nhiệt là 1150°C hoặc thấp hơn, việc hóa thô của các austenit được hạn chế và việc hóa thô của cấu trúc sau sự biến đổi do làm mát cũng được hạn chế, sao cho độ bền ở nhiệt độ thấp rất tốt có thể đạt được. Mặt khác, khi nhiệt độ gia nhiệt là 1000°C hoặc cao hơn, các phân tử hợp kim được giải quyết đầy đủ, sao cho sự suy giảm của chất lượng bên trong của thép được hạn chế, và nhiệt độ kết thúc trong quy trình cán không bị giảm quá mức, sao cho sự tăng cường độ bền ở nhiệt độ thấp có thể như mong muốn.

Ngoài ra, khi nhiệt độ kết thúc trên bề mặt trong bước cán là 900°C hoặc thấp hơn, sự phát triển của các austenit tái kết tinh được hạn chế, và sự tinh chế hạt của nó được thúc đẩy. Ngoài ra, khi nhiệt độ kết thúc là 750°C hoặc cao hơn, cấu trúc ferit trở nên ít nhạy giúp dễ xử lý, sao cho độ bền ở nhiệt độ thấp được cải thiện. Kết quả là, nhiệt độ kết thúc được thiết lập từ 900 đến 750°C.

Ngoài ra, khi tỷ lệ giảm cán từ 950°C là 50% hoặc lớn hơn, sự tái kết tinh một phần của austenit khó xảy ra, sao cho cấu trúc hạt kép được hạn chế để tăng cường độ bền ở nhiệt độ thấp. Kết quả là, tỷ lệ giảm cán từ 950°C được thiết lập là 50% hoặc lớn hơn.

Liên quan đến quy trình làm mát sau khi cán, việc làm mát bằng nước được thực hiện dưới các điều kiện sau đây.

Quy trình làm mát chậm sau khi hoàn thành quy trình cán (bước làm mát nhanh thứ nhất)

Sau quy trình cán kết thúc, quy trình làm mát nhanh được thực hiện ngay lập

tức tại tốc độ làm mát của từ 5 đến 10°C/giây cho đến khi nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép là 630°C hoặc thấp hơn. Với tốc độ làm mát nằm trong phạm vi trên, phân tách tại biên hạt của Sn có thể được hạn chế. Khi tốc độ làm mát là 5°C/giây hoặc lớn hơn, sự khuếch tán Sn được hạn chế. Khi nó là 10°C/giây hoặc nhỏ hơn, tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể được giảm, mặc dù lý do là không rõ ràng. Kết quả là, trong cả hai trường hợp, độ bền ở nhiệt độ thấp và đặc tính chịu mỏi đã được cải thiện.

Quy trình phục hồi bằng cách giữ sau khi làm mát nhanh (bước phục hồi)

Sau quy trình làm mát chậm, quy trình làm mát nhanh bị dừng để cho phép làm mát trong không khí (giữ) để phục hồi cho đến khi nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép được làm mát lại tăng lên do nhiệt độ bên trong của vật liệu thép và nhiệt độ bề mặt bằng phạm vi nhiệt độ nằm trong khoảng từ 650 đến 700°C. Thời gian giữ (thời gian này là thời gian hạn chế làm mát nhanh tương ứng với thời gian phục hồi) là từ 30 đến 120 giây. Do bước phục hồi, có thể phân tách các phần tử mà thích hợp để phân tách, như S, P, và C, vào trong biên hạt tinh thể, và để hạn chế sự khuếch tán của Sn. Khi thời gian giữ là 30 giây hoặc lớn hơn, có thể hồi phục đồng đều vào sâu bên trong phần bên trong của vật liệu thép. Khi thời gian giữ là 120 giây hoặc nhỏ hơn, độ cao của nhiệt độ bề mặt của vật liệu thép lên đến phạm vi nhiệt độ vượt quá 700°C có thể được hạn chế dễ dàng hơn sao cho sự khuếch tán của Sn có thể được giảm để hạn chế sự phân tách.

Quy trình làm mát nhanh (bước làm mát nhanh thứ hai)

Sau đó, việc làm mát được tiếp tục tại tốc độ làm mát của từ 10 đến 60°C/giây đến khi nhiệt độ bề mặt đạt 550°C hoặc nhỏ hơn. Bằng cách làm mát nhanh dưới các điều kiện nêu trên, có thể hạn chế sự phân tách của Sn tại biên hạt tinh thể, và để tinh chế cấu trúc thép. Khi tốc độ làm mát là 10°C/giây hoặc lớn hơn, sự khuếch tán của Sn được hạn chế, và sự phân tách tại biên hạt được hạn chế. Trong khi đó, khi tốc độ làm mát là 60°C/giây hoặc nhỏ hơn, sự gia tăng độ bền của tấm vật liệu thép được hạn chế, và tính chịu mỏi được cải thiện.

Sau bước làm mát nhanh thứ hai, quy trình làm mát trong không khí được thực hiện.

Trong trường hợp trong đó vật liệu thép theo phương án được sử dụng cho công trình lớn, như cây cầu và công trình ngoài khơi, độ bền kéo căng tốt hơn là nên nằm trong khoảng từ 400 đến 650 MPa. Độ bền kéo căng có thể là cũng nằm trong khoảng từ 480 đến 580 MPa.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dưới đây qua các ví dụ, sao cho sáng chế không bị giới hạn bởi các ví dụ này.

Thép có thành phần hóa học được thể hiện trong bảng 1 được nấu chảy trong lò nung và sau đó đúc thành phôi tấm với độ dày là 300mm. Phôi tấm được gia nhiệt, phải trải qua quy trình cán thô và quy trình cán kết thúc, và sau đó làm mát nhanh chóng đối với tấm thép có độ dày tấm nằm trong khoảng từ 20mm. Các điều kiện sản xuất được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1

Loại thép	Thành phần hóa học (% khối lượng, phần còn lại: Fe và các tạp chất)										
	C	Si	Mn	P	S	Sn	Al	N	O	Ti	Nb
A	0,13	0,33	1,41	0,010	0,0030	0,18	0,033	0,0041	0,0050		
B	0,12	0,31	1,33	0,001	0,0010	0,12	0,020	0,0028	0,0010		
C	0,10	0,31	1,30	0,003	0,0100	0,11	0,040	0,0038	0,0030		
D	0,14	0,36	1,22	0,010	0,0080	0,09	0,027	0,0024	0,0030		
E	0,11	0,34	1,13	0,050	0,0050	0,20	0,036	0,0033	0,0050		
F	0,12	0,38	1,62	0,005	0,0010	0,17	0,023	0,0020	0,0002	0,011	0,024
G	0,13	0,31	1,13	0,003	0,0060	0,09	0,023	0,0036	0,0080		
H	0,08	0,21	1,90	0,010	0,0005	0,12	0,025	0,0045	0,0050		
I	0,08	0,28	1,02	0,005	0,0030	0,19	0,031	0,0034	0,0050		0,016
J	0,12	0,21	1,94	0,001	0,0010	0,05	0,023	0,0026	0,0030	0,015	0,008
K	0,08	0,21	1,02	0,003	0,0030	0,05	0,020	0,0030	0,0020		
L	0,13	0,31	1,13	0,005	0,0010	0,12	0,020	0,0030	0,0030		
M	0,08	0,28	1,02	0,050	0,0050	0,19	0,031	0,0034	0,0050		
N	0,10	0,25	1,13	0,003	0,0050	0,12	0,030	0,0020	0,0030		
O	0,13	0,32	1,25	0,005	0,0050	-	0,030	0,0036	0,0030		
P	0,10	0,22	1,17	0,010	0,0030	0,02	0,030	0,0040	0,0030		
Q	0,14	0,25	1,61	0,005	0,0080	0,30	0,028	0,0034	0,0050		
	V	W	Mo	Cu	Ni	Cr	Sb	B	Ca	Mg	REM
A			0,030		0,01						
B											
C					0,01						
D											
E			0,020								
F		0,011		0,07	0,03			0,0003			
G	0,009								0,0004		
H			0,010					0,0002		0,0033	
I						0,01					0,0019
J	0,007			0,03			0,01				
K				0,12							
L			0,070		0,02						
M					0,07						
N						1,10					
O			0,030		0,03						
P			0,010								
Q					0,01						

Bảng 2

Thứ nghịem số	Loại thép	Bước cán			Bước làm mát nhanh thứ nhất		Bước phục hồi		Bước làm mát nhanh thứ hai	
		Nhiệt độ gia nhiệt (°C)	Nhiệt độ kết thúc (°C)	Tỷ lệ phục hồi tại 950°C hoặc cao hơn (%)	Tỷ lệ làm mát chậm (°C/giây)	Nhiệt độ hoàn thành quy trình làm mát (°C)	Thời gian giữ (giây)	Nhiệt độ hoàn thành thời gian giữ (°C)	Tỷ lệ làm mát chậm (°C/giây)	Nhiệt độ hoàn thành quy trình làm mát (°C)
1	A	1150	850	52	7	600	60	680	30	500
2	B	1150	800	55	6	580	30	650	10	520
3	C	1120	750	55	7	620	30	650	40	450
4	D	1150	840	50	7	600	60	660	50	400
5	E	1120	890	52	6	630	90	700	20	520
6	F	1150	900	55	5	580	120	700	20	500
7	G	1000	810	58	10	600	60	650	20	550
8	H	1150	880	55	6	600	60	690	40	500
9	I	1150	750	55	7	620	30	660	20	520
10	J	1120	860	50	5	630	30	670	30	480
11	K	1150	860	52	6	600	60	660	30	450
12	L	1120	860	55	5	600	30	660	20	400
13	M	1150	890	50	7	580	60	700	40	520
14	N	1150	890	55	6	620	90	700	30	500
15	O	1120	890	55	6	620	60	700	30	520
16	P	1120	850	55	5	600	60	680	30	500
17	Q	1120	850	52	5	580	60	650	30	520
18	A	1150	850	50	2	650	90	680	30	500
19	A	1150	850	50	30	520	30	600	30	520
20	A	1150	850	50	6	600	120	720	30	520
21	A	1150	850	55	6	620	0	-	30	500
22	A	1150	850	50	10	600	30	650	8	560
23	A	1150	850	50	6	620	30	650	65	380

Sau đó, mẫu vật hình trụ có đường kính là 3mm và độ dài là 10mm được cắt ra từ mỗi tấm thép, và phải trải qua cơ chế gãy tác động chân không cực cao gắn liền với máy phân tích quang phổ Auger (Model 670i, được sản xuất bởi Ulvac Inc.), và bề mặt gãy, mà được tạo thành do gãy trong chân không ($1,0E-9$ Torr hoặc nhỏ hơn) trong khí quyển ở nhiệt độ nitơ lỏng (-150°C), được quan sát thấy. Bề mặt gãy hầu như được chiếm giữ bởi các bề mặt gãy phân tách có mô hình dạng sóng, và các bề mặt gãy nôm đồng tiền, và các bề mặt gãy liên vùng thừa thớt cũng được nhận thấy. Biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể của bề mặt gãy được phân biệt bởi phương pháp hình học vĩ mô, và quang phổ Auger được đo tại 10 vị trí trong mỗi biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Để xác nhận sự phân biệt giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể, bề mặt gãy được kiểm tra bởi phương pháp hình học vĩ mô được phân tích bởi quang phổ Auger so với C, mà phù hợp để phân tách tại biên hạt tinh thể, để xác nhận sự phân biệt giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Tỷ lệ Sn được tính toán bằng cách đo tỷ lệ của các nồng độ (% nguyên tử) của Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể. Về vấn đề này, hệ số độ nhạy tương đối được hiệu chuẩn với Au.

Ngoài ra, thử nghiệm độ bền chống ăn mòn, thử nghiệm độ bền, và thử nghiệm độ mỏi được tiến hành cho mỗi tấm thép.

Thử nghiệm độ bền chống ăn mòn

Mẫu vật có độ dài là 60mm, chiều rộng là 100mm, và độ dày là 3mm được cắt ra từ mỗi tấm thép, và phải trải qua thử nghiệm SAE J 2334. Làm như vậy, hai mẫu vật được lấy từ mỗi tấm thép, và trên một trong số chúng, lớp phủ chống ăn mòn được tạo thành trước. Thử nghiệm SAE J 2334 sẽ được mô tả dưới đây.

Thử nghiệm SAE J 2334 là thử nghiệm sự suy giảm nhanh mà trong đó chu kỳ của giai đoạn ẩm và giai đoạn khô (ẩm $\rightarrow$ áp dụng muối $\rightarrow$ khô; 24 giờ tất cả) được lặp lại để mô phỏng môi trường ăn mòn nghiêm trọng trong đó lượng hạt muối trong không khí vượt quá 1 mdd. Thử nghiệm SAE J 2334 được tiến hành lặp lại chu kỳ dưới các điều kiện sau đây. Sự ăn mòn tạo thành dưới các điều kiện dưới đây là tương tự với sự ăn mòn tạo thành của thử nghiệm tiếp xúc với khí quyển.

Các điều kiện thử nghiệm

Giai đoạn ẩm: 50°C, 100% RH, 6 giờ,

Giai đoạn áp dụng muối: Sự ngâm trong dung dịch nước với 0,5% khối lượng của NaCl, 0,1% khối lượng của CaCl₂, và 0,075% khối lượng của NaHCO₃ trong 0,25 giờ,

Giai đoạn khô: 60°C, 50% RH, 17,75 giờ.

Ngoài ra, quy trình xử lý phun cát được áp dụng trên bề mặt của mỗi mẫu vật. So với một số mẫu vật, sau khi xử lý phun cát, lớp phủ chống ăn mòn chính, lớp phủ dưới, lớp phủ trung gian, và lớp phủ trên được áp dụng cái này đến cái khác để tạo thành lớp phủ chống ăn mòn có tổng độ dày là 250µm.

Để làm lớp phủ chống ăn mòn chính, sơn giàu kẽm vô cơ ("SHINTO-ZINC #2000" được sản xuất bởi SHINTO PAINT CO., LTD.) được phủ với độ dày là 75µm, và để làm lớp phủ lót, sơn nhựa epoxy ("NEO-GOSE #2300 MC" được sản xuất bởi SHINTO PAINT CO., LTD.) được áp dụng. Để làm lớp phủ dưới, lớp phủ nhựa epoxy ("NEO-GOSE #2300 PS" được sản xuất bởi Shinto Paint Co., Ltd.) được phủ phun với độ dày màng là 120µm. Ngoài ra, để làm lớp phủ trung gian, sơn trung gian cho sơn nhựa flo ("SHINTO-FLON #100 intermediate paint" được sản xuất bởi SHINTO PAINT CO., LTD.) được phủ với độ dày là 30µm. Ngoài ra, để làm lớp phủ trên, lớp phủ nhựa flo ("SHINTO-FLON #100" được sản xuất bởi SHINTO PAINT CO., LTD.) được phủ phun với độ dày màng là 25µm.

Đối với mỗi mẫu vật có lớp phủ chống ăn mòn, vết trầy xước ngang được tạo thành trên lớp phủ chống ăn mòn để tiếp xúc với một phần của vật liệu thép. So với mỗi mẫu vật mà trên đó lớp phủ chống ăn mòn không được tạo thành, bệnh gỉ sắt được tạo thành đồng đều trên toàn bộ bề mặt mẫu vật sau thử nghiệm, và do đó lượng ăn mòn của nó được xác định. "Lượng ăn mòn" được xác định là độ giảm độ dày tấm trung bình của mẫu vật khi lớp gỉ sắt bề mặt trên bề mặt được loại bỏ. Cụ thể, sự giảm độ dày tấm được tính toán sử dụng sự thay đổi trọng lượng của mẫu vật trước và sau thử nghiệm, và diện tích bề mặt của mẫu vật, và được sử dụng lượng ăn mòn.

Các tiêu chí để hoàn thành hoặc thất bại tại thử nghiệm độ bền chống ăn mòn là như sau. Thử nghiệm SAE J 2334 được tiến hành trong 120 chu kỳ sử dụng mẫu vật

mà trên đó lớp phủ chống ăn mòn được tạo thành, và một mẫu vật mà trong đó lượng ăn mòn là 0,60mm hoặc nhỏ hơn được đánh giá là đạt. Ngoài ra, thử nghiệm SAE J2334 được tiến hành trong 200 chu kỳ sử dụng mẫu vật mà trên đó lớp phủ chống ăn mòn được tạo thành, và một mẫu vật mà trong đó diện tích bị tách ra tại vùng bị trầy xước là 20% hoặc nhỏ hơn, và độ sâu ăn mòn tối đa là 0,40mm hoặc nhỏ hơn được đánh giá là đạt.

Thử nghiệm độ bền ở nhiệt độ thấp

Độ bền ở nhiệt độ thấp được đánh giá trên mẫu thử nghiệm tác động được lấy từ phần trung tâm theo hướng độ dày tấm của tấm và theo hướng vuông góc với hướng cán, bằng cách xác định năng lượng hấp thụ (vE_0) ở 0°C sử dụng mẫu vật khắc hình chữ V theo JIS Z 2242. Mẫu vật với năng lượng hấp thụ là 150 J hoặc lớn hơn được đánh giá là đạt.

Thử nghiệm độ mỏi

Trong thử nghiệm độ mỏi, biên độ sức căng được thay đổi làm tham số thử nghiệm, và mối quan hệ giữa biên độ sức căng và tuổi thọ gãy do mỏi được thể hiện bởi biểu đồ S-N, và giới hạn mỏi có nguồn gốc từ đó. Trong thử nghiệm độ mỏi, mẫu vật số 2 được quy định trong JIS Z 2275 được sử dụng, và tỷ lệ tải (giá trị thu được bằng cách chia tải tối thiểu cho tải tối đa) được thiết lập là 0,1. Về vấn đề này, tuổi thọ gãy do mỏi được xác định là thời điểm mà tại đó sự dịch chuyển (sự dịch chuyển của xi lanh của thiết bị truyền động mà áp dụng tải vào mẫu vật) tại tải tối đa được tăng bằng 1mm so với khi bắt đầu thử nghiệm. Khi tuổi thọ gãy do mỏi là $5,5 \times 10^5$ chu kỳ hoặc lớn hơn, tính chịu mỏi được đánh giá là đạt.

Các kết quả được tóm tắt trong bảng 3.

Bảng 3

Thử nghiệm số	Loại thép	Tỷ lệ Sn giữa biên hạt và bên trong hạt	Thử nghiệm SAE J2334 mà không có lớp phủ 120CY		Thử nghiệm SAE J2334 có lớp phủ 200CY		Năng lượng hấp thụ (J)	Đặc tính chịu môi ($\times 10^5$)	
			Lượng ăn mòn (mm)	Diện tích trầy xước (%)	Độ sâu ăn mòn tối đa (mm)				
1	A	1,1	0,50	20	0,38	150	6,2	Ví dụ của sáng chế	
2	B	1,1	0,40	15	0,35	155	6,0		
3	C	1,1	0,50	20	0,35	162	6,2		
4	D	1,2	0,60	20	0,30	150	6,5		
5	E	1,1	0,50	20	0,38	158	6,0	Ví dụ so sánh	
6	F	1,1	0,50	20	0,38	155	6,7		
7	G	1,2	0,60	20	0,35	150	6,0		
8	H	1,0	0,40	15	0,35	155	6,8		
9	I	1,1	0,60	15	0,30	162	6,0	Ví dụ của sáng chế	
10	J	1,2	0,50	20	0,35	155	6,5		
11	K	1,1	0,70	50	0,45	140	5,5		
12	L	1,0	0,80	45	0,50	150	6,5		
13	M	1,1	1,10	55	1,20	155	6,0	Ví dụ so sánh	
14	N	1,1	1,50	60	1,60	165	6,0		
15	O	-	1,50	50	1,10	165	6,0		
16	P	0,7	1,15	20	0,30	145	5,5		
17	Q	1,3	0,40	25	0,30	143	5,8	Ví dụ so sánh	
18	A	1,7	0,70	35	0,45	146	3,9		
19	A	1,8	0,70	30	0,40	145	5,8		
20	A	1,5	0,80	30	0,42	148	3,7		
21	A	1,6	0,70	25	0,45	146	4,3	Ví dụ của sáng chế	
22	A	1,6	0,70	20	0,42	145	5,5		
23	A	1,5	0,70	30	0,45	143	4,5		

Các thử nghiệm số 1 đến 10 là các ví dụ của sáng chế mà đáp ứng tất cả yêu cầu của sáng chế. Như thấy rõ từ bảng 3, trong thử nghiệm SAE J 2334, lượng ăn mòn của mẫu vật mà không có lớp phủ là 0,60mm hoặc nhỏ hơn, và trong vùng bị trầy xước của mẫu vật có lớp phủ diện tích bị tách ra là 20% hoặc nhỏ hơn, và độ sâu tối đa của sự ăn mòn là 0,40mm hoặc nhỏ hơn. Trong thử nghiệm độ bền, năng lượng hấp thụ Charpy ở 0°C là 150 J hoặc lớn hơn. Ngoài ra, trong thử nghiệm độ mỏi, tuổi thọ gãy do mỏi là $5,5 \times 10^5$ chu kỳ hoặc lớn hơn.

Ngược lại, trong các thử nghiệm số 15 và 16, mà là các ví dụ so sánh, hàm lượng Sn trong vật liệu thép nhỏ hơn so với giá trị giới hạn dưới được xác định, và kết quả là độ bền chống ăn mòn kém. Ngoài ra, trong thử nghiệm số 17, mà trong đó hàm lượng Sn trong vật liệu thép vượt quá giá trị giới hạn trên được xác định, tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể vượt quá 1,2, và kết quả là độ bền ở nhiệt độ thấp và tính chịu mỏi kém.

Ngoài ra, trong các thử nghiệm số 18 đến 23, tỷ lệ Sn giữa biên hạt tinh thể và bên trong hạt tinh thể vượt quá 1,2, và kết quả là độ bền chống ăn mòn bị giảm nhẹ, và độ bền ở nhiệt độ thấp và tính chịu mỏi cũng kém.

Ngoài ra, trong các thử nghiệm số 11 đến 14, mà là các ví dụ so sánh, hàm lượng của Mo, Cu, Ni, hoặc Cr trong vật liệu thép vượt quá giá trị giới hạn trên được xác định, và kết quả là độ bền chống ăn mòn kém.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

Theo sáng chế, có thể thu được vật liệu thép có độ bền chống ăn mòn, độ bền ở nhiệt độ thấp, và đặc tính chịu mỏi tốt. Do đó, vật liệu thép theo sáng chế phù hợp để sử dụng làm vật liệu cho công trình lớn, như công trình ngoài khơi được sử dụng ở khu vực lạnh, và cây cầu.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Vật liệu thép chứa các nguyên tố sau, tính theo % khối lượng:

C: từ 0,01 đến 0,20%,

Si: từ 0,01 đến 1,00%,

Mn: từ 0,05 đến 3,00%,

P: từ 0 đến 0,050%,

S: từ 0 đến 0,0100%,

Sn: từ 0,05 đến 0,25%,

Al: từ 0 đến 0,100%,

N: từ 0,0005 đến 0,0100%,

O: từ 0,0001 đến 0,0100%,

Ti: từ 0 đến 0,050%,

Nb: từ 0 đến 0,050%,

V: từ 0 đến 0,050%,

W: từ 0 đến 0,050%,

Mo: từ 0 đến 0,050%,

Cu: từ 0 đến 0,10%,

Ni: từ 0 đến 0,05%,

Cr: từ 0 đến 0,10%,

Sb: từ 0 đến 0,05%,

B: từ 0 đến 0,0010%,

Ca: từ 0 đến 0,0100%,

Mg: từ 0 đến 0,0100%,

kim loại đất hiếm (REM): từ 0 đến 0,0100%, và

phần còn lại bao gồm Fe và các tạp chất,

trong đó tỷ lệ Sn của nồng độ Sn, a (% nguyên tử), tại biên hạt tinh thể với nồng độ Sn, b (% nguyên tử), bên trong hạt tinh thể, được thể hiện bởi a/b , là 1,2 hoặc nhỏ hơn.

2. Vật liệu thép theo điểm 1, trong đó vật liệu này ở dạng tấm thép với độ dày tấm nằm trong khoảng từ 6 đến 100mm.