



(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)



1-0033826

(51)⁷ C22C 38/00; C22C 38/60; C21D 8/00;
C21D 9/46

(13) B

(21) 1-2019-01427

(22) 24/08/2017

(86) PCT/JP2017/030264 24/08/2017

(87) WO/2018/038198 01/03/2018

(30) 2016-165102 25/08/2016 JP

(45) 25/11/2022 416

(43) 25/07/2019 376A

(73) JFE STEEL CORPORATION (JP)

2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku Tokyo 1000011, JP

(72) INOHARA Yasuto (JP); MURASE Masatsugu (JP); KIKUCHI Hiroyasu (JP);
KIRIMOTO Shunji (JP).

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

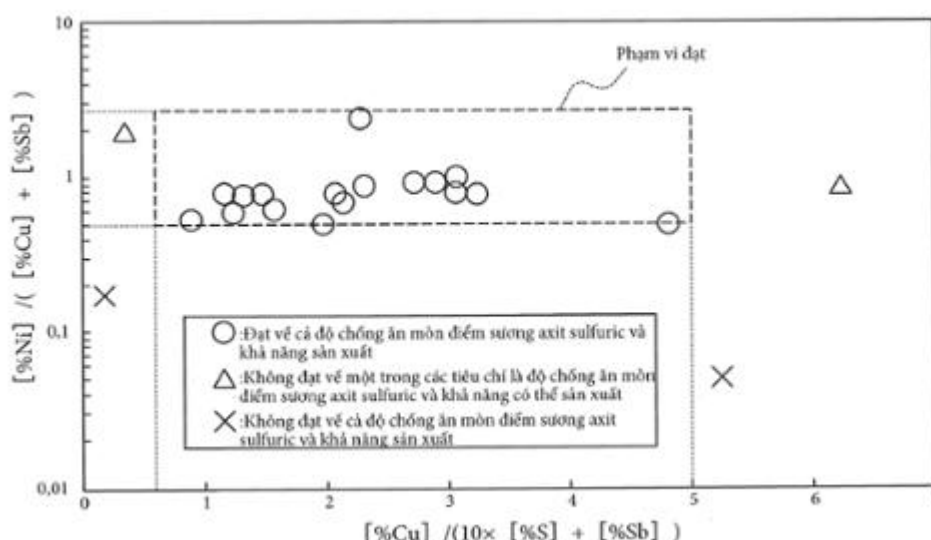
(54) THÉP CHỐNG ẪN MÒN ĐIỀM SƯƠNG AXIT SULFURIC

(57) Sáng chế đề cập đến thép chống ăn mòn điềm sương axit sulfuric bao gồm thành phần hóa học được xác định trước, trong đó trong thành phần hóa học, các hàm lượng tương ứng của S, Cu, và Sb thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây và các hàm lượng tương ứng của Cu, Ni, và Sb thỏa mãn biểu thức (2) dưới đây:

$$0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00 \quad \dots (1)$$

$$0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50 \quad \dots (2)$$

trong đó [%S], [%Cu], [%Ni], và [%Sb] là các hàm lượng tương ứng của S, Cu, Ni, và Sb trong thành phần hóa học tính theo % khối lượng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được sử dụng làm vật liệu cấu thành của thiết bị trao đổi nhiệt, bể chứa, nhà máy, hoặc thiết bị tương tự trong môi trường tiếp xúc với axit sulfuric hoặc trong môi trường đạt tới điểm sương axit sulfuric. Sáng chế đề cập cụ thể đến thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric mà ưu việt về độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất và cũng ưu việt về khả năng uốn và độ bền mỏi.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong lò hơi mà trong đó nhiên liệu như là dầu nặng hoặc than chứa lưu huỳnh được đốt cháy hoặc trong các thiết bị trao đổi nhiệt và các ống hơi của các nhà máy nhiệt điện, có vấn đề được gọi là “ăn mòn điểm sương axit sulfuric”, nghĩa là sự ăn mòn rất mãnh liệt bị gây ra do lưu huỳnh oxit được chứa trong khí xả trải qua quá trình ngưng tụ với việc giảm nhiệt độ và tạo ra axit sulfuric.

Để giải quyết vấn đề ăn mòn điểm sương axit sulfuric, các thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric đã được phát triển và đã được sử dụng trên thực tế.

Đối với các thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric này, các kỹ thuật cải thiện không chỉ độ chống ăn mòn axit sulfuric mà còn độ chịu axit qua việc sử dụng Sb là nguyên tố cải thiện độ chống ăn mòn axit sulfuric và Cu là nguyên tố cải thiện độ chịu axit đã được đề xuất.

Ví dụ, JP 2003-213367 A (tài liệu sáng chế 1) bộc lộ “thép hợp kim thấp ưu việt về độ chống ăn mòn axit clohydric và độ chống ăn mòn axit sulfuric mà chứa, % theo khối lượng, C: 0,001 % đến 0,2 %, Si: 0,01 % đến 2,5 %, Mn: 0,1 % đến 2 %, Cu: 0,1 % đến 1 %, Mo: 0,001 % đến 1 %, Sb: 0,01 % đến 0,2 %, P: 0,05 % hoặc nhỏ hơn, và S: 0,05 % hoặc nhỏ hơn với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được và có chỉ số độ chống ăn mòn axit AI ($AI/10000 = 0,0005 + 0,045 \times Sb \% - C \% \times Mo \%$) là 0 hoặc lớn hơn”.

Tuy nhiên, việc bổ sung Cu có điểm nóng chảy thấp hơn Fe hoặc Sb mà phân tách dễ dàng gây ra các vết nứt phôi tấm hoặc các khuyết tật bề mặt phôi tấm trong gia công nóng như là đúc hoặc cán. Nên cần yêu cầu phải có quá trình vá để tránh làm suy giảm chất lượng sản phẩm. Điều này dẫn đến năng suất thấp hơn và giá thành cao hơn.

Để giải quyết vấn đề như này, tài liệu JP H10-110237 A (tài liệu sáng chế 2)

bộ lộ sự cải thiện về khả năng gia công nóng bằng cách làm giảm lượng S và bổ sung Mo và B. Cụ thể, tài liệu sáng chế 2 bộ lộ “thép chống ăn mòn điểm sương axit ưu việt trong gia công nóng mà chứa, % theo khối lượng, C: 0,01 % đến 0,15 %, Si: 0,1 % đến 0,5 %, Mn: 0,1 % đến 0,5 %, P: 0,03 % hoặc nhỏ hơn, S: 0,005 % hoặc nhỏ hơn, Cu: 0,2 % đến 1,0 %, Ni: 0,5 % hoặc nhỏ hơn, Cr: 2,0 % hoặc nhỏ hơn, Al: 0,1 % hoặc nhỏ hơn, V: 0,2 % hoặc nhỏ hơn, Nb: 0,2 % hoặc nhỏ hơn, Ti: 0,2 % hoặc nhỏ hơn, một hoặc hai trong số Sn và Sb: với tổng từ 0,01 % đến 1,0 %, và một hoặc nhiều hơn B: 0,001 % đến 0,01 % và Mo: 0,01 % đến 0,5 % với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được”.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP 2003-213367 A

Tài liệu sáng chế 2: JP H10-110237 A.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Axit sulfuric được tạo ra trong môi trường điểm sương axit sulfuric thay đổi về nồng độ tùy thuộc vào nhiệt độ. Ví dụ, nồng độ axit sulfuric khoảng 20 % theo khối lượng ở nhiệt độ thấp là 40 °C, khoảng 50 % theo khối lượng ở nhiệt độ môi trường là 70 °C, và 70 % theo khối lượng đến 80 % theo khối lượng ở nhiệt độ cao từ 100 °C đến 140 °C.

Do vậy, khi sử dụng thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong ứng dụng thực tế, vật liệu này cần phải có độ chống ăn mòn cao trong các môi trường ăn mòn điểm sương axit sulfuric khác nhau.

Trong trường hợp mà ở đó thép hợp kim thấp trong tài liệu sáng chế 1 được sử dụng trong ứng dụng thực tế, thép hợp kim thấp thể hiện độ chống ăn mòn cao hơn so với các thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric thông thường về độ chịu axit và cụ thể là độ chịu axit clohydric, nhưng không thể thể hiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric mong muốn. Đặc biệt, độ chống ăn mòn của nó (độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric) với nồng độ cao của axit sulfuric ở nhiệt độ cao là thấp.

Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong tài liệu sáng chế 2 không thể có độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric mong muốn trong một số trường hợp, ngay cả bằng cách giảm S và bổ sung Mo.

Do đó, có thể hữu ích khi đề xuất thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric mà ưu việt về cả độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất và đồng thời ưu việt về khả năng uốn và độ bền mỏi.

Giải pháp cho vấn đề

Các tác giả đã nghiên cứu sự ảnh hưởng của mỗi nguyên tố bổ sung trong môi trường ăn mòn điểm sương axit sulfuric và đã nghiên cứu chi tiết các tác dụng của nó.

Cụ thể, để nghiên cứu cách mỗi nguyên tố bổ sung để cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ảnh hưởng đến khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi và mỗi nguyên tố bổ sung cải thiện khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi ảnh hưởng như thế nào đến độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, các tác giả tạo ra các thép có các thành phần hóa học khác nhau và đã nghiên cứu sự kết hợp tác dụng của các nguyên tố bổ sung trong việc đạt được cả độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất và đồng thời thu được khả năng uốn và độ bền mỏi ưu việt.

Các tác giả đã phát hiện các kết quả dưới đây:

1) Trong thành phần hóa học chứa Cu, Sb, và S ở dạng kết hợp, có phạm vi tối ưu cho hàm lượng của mỗi nguyên tố này. Bằng cách giới hạn hàm lượng của mỗi nguyên tố này trong phạm vi này, có thể thu được độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ưu việt trong khi đảm bảo khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi.

2) Bằng cách bổ sung lượng Ni thích hợp cho Cu và Sb để cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, khả năng sản xuất và cụ thể là khả năng gia công nóng có thể được cải thiện đáng kể trong khi duy trì độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric. Đồng thời cũng có thể thu được khả năng uốn và độ bền mỏi ưu việt.

Sáng chế được dựa trên các phát hiện này và các nghiên cứu sâu hơn.

Các tác giả đề xuất như sau.

1. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric bao gồm thành phần hóa học chứa (bao gồm), % theo khối lượng,

C: 0,050 % đến 0,150 %,

Si: 0,10 % đến 0,80 %,

Mn: 0,50 % đến 1,00 %,

P: 0,050 % hoặc nhỏ hơn,

S: 0,0020 % đến 0,0200 %,

Cu: 0,20 % đến 0,50 %,

Ni: 0,10 % đến 0,80 %,

Cr: 0,20 % đến 1,50 %,

Sb: 0,050 % đến 0,300 %,

Ti: 0,005 % đến 0,050 %,

Al: 0,001 % đến 0,050 %, và

N: 0,0005 % đến 0,0050 %,

với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được,

trong đó trong thành phần hóa học, các hàm lượng tương ứng của S, Cu, và Sb thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây và các hàm lượng tương ứng của Cu, Ni, và Sb thỏa mãn biểu thức (2) dưới đây:

$$0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00 \quad \dots (1)$$

$$0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50 \quad \dots (2)$$

trong đó [%S], [%Cu], [%Ni], và [%Sb] là các hàm lượng tương ứng của S, Cu, Ni, và Sb trong thành phần hóa học tính theo % khối lượng.

2. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo mục 1, trong đó các hàm lượng tương ứng của C, Ti, và N trong thành phần hóa học thỏa mãn biểu thức (3) dưới đây:

$$0,30 \leq [\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N]) \leq 2,50 \quad \dots (3)$$

trong đó [%C], [%Ti], và [%N] là các hàm lượng tương ứng của C, Ti, và N trong thành phần hóa học tính theo % khối lượng.

3. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo mục 1 hoặc 2, bao gồm:

vi cấu trúc thép mà trong đó tỷ lệ diện tích của pha ferit trên toàn bộ vi cấu trúc thép là 75 % hoặc lớn hơn, tỷ lệ diện tích của pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 25 %, và tổng tỷ lệ diện tích của các vi cấu trúc khác pha ferit và pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 5 %; và

độ cứng Vickers tối đa là 200 hoặc nhỏ hơn và độ cứng Vickers trung bình là 80 hoặc lớn hơn.

4. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo mục bất kỳ trong số các mục từ 1 đến 3, trong đó điện thế V_a , được thể hiện theo V , tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt biểu diễn mối quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện thế của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70°C và nồng độ là 50 % theo khối lượng thỏa mãn biểu thức (4) dưới đây với điện thế V_g , được thể hiện theo V , tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt của thép chuẩn của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong dung dịch nước axit sulfuric:

$$V_g - V_a > 0,03 \quad \dots (4).$$

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Do đó, có thể thu được thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric mà ưu việt về độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất và đồng thời ưu việt về khả năng uốn và độ bền mỏi.

Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế có thể được sử dụng thích hợp làm vật liệu cấu thành của bể chứa, nhà máy, v.v. trong các môi trường ăn mòn điểm sương axit sulfuric khác nhau. Do vậy, bể chứa, nhà máy, v.v. như này có thể được sản xuất với chi phí thấp với chất lượng cao và năng suất cao.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trên các hình vẽ đính kèm:

Fig.1 là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa trị số $[\% \text{Cu}]/(10 \times [\% \text{S}] + [\% \text{Sb}])$ và tốc độ ăn mòn của thép trong thử nghiệm ngâm trong axit sulfuric;

Fig.2 là sơ đồ minh họa mối quan hệ giữa trị số $[\% \text{Ni}]/([\% \text{Cu}] + [\% \text{Sb}])$ và sự đánh giá về khả năng sản xuất;

Fig.3 là sơ đồ minh họa các kết quả đánh giá về độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất được vẽ dựa theo các trị số $[\% \text{Cu}]/(10 \times [\% \text{S}] + [\% \text{Sb}])$ và $[\% \text{Ni}]/([\% \text{Cu}] + [\% \text{Sb}])$; và

Fig.4 là sơ đồ minh họa ví dụ về đường cong phân cực ca-tốt trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70°C và nồng độ là 50 % theo khối lượng.

Mô tả chi tiết sáng chế

Một trong những phương án của sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây. Trước tiên, các nguyên nhân giới hạn thành phần hóa học của thép trong phạm vi được nêu trên được nêu ra. Trong khi đơn vị hàm lượng của mỗi nguyên tố trong thành

phần hóa học của thép là “% theo khối lượng”, hàm lượng được thể hiện đơn giản theo “%” trừ khi được quy định cụ thể.

C: 0,050 % đến 0,150 %

C là nguyên tố tăng cường độ bền của thép. Để đạt được độ bền mong muốn, hàm lượng C là 0,050 % hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng C lớn hơn 0,150 %, độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric giảm xuống, và khả năng hàn và độ dai của vùng bị ảnh hưởng nhiệt giảm xuống. Do đó hàm lượng C nằm trong phạm vi từ 0,050 % đến 0,150 %. Hàm lượng C tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,060 % đến 0,100 %.

Si: 0,10 % đến 0,80 %

Si là thành phần được bổ sung như chất khử oxy, và cũng có tác dụng tăng cường độ bền của thép. Theo đó, hàm lượng Si là 0,10 % hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Si lớn hơn 0,80 %, độ dai của thép giảm xuống. Do đó hàm lượng Si nằm trong phạm vi từ 0,10 % đến 0,80 %. Trong môi trường dung dịch nước axit sulfuric, Si tạo ra lớp phủ chống ăn mòn và góp phần cải thiện vào độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric. Để đạt được tác dụng cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric như này, hàm lượng Si tốt hơn là 0,25 % hoặc lớn hơn.

Mn: 0,50 % đến 1,00 %

Mn là nguyên tố tăng cường độ bền của thép. Để đạt được độ bền mong muốn, hàm lượng Mn là 0,50 % hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Mn lớn hơn 1,00 %, độ dai và khả năng hàn của thép giảm xuống. Do đó hàm lượng Mn nằm trong phạm vi từ 0,50 % đến 1,00 %. Xét về mặt duy trì độ bền và hạn chế sự tạo ra các bao thể mà làm giảm độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, hàm lượng Mn tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,50 % đến 0,70 %.

P: 0,050 % hoặc nhỏ hơn

P là nguyên tố có hại mà phân tách thành các biên hạt và làm giảm độ dai của thép. Cụ thể nếu hàm lượng P lớn hơn 0,050 %, độ dai giảm xuống rõ rệt. Do đó hàm lượng P là 0,050 % hoặc nhỏ hơn.

Mặc dù hàm lượng P mong muốn thấp nhất có thể, hàm lượng P nhỏ hơn 0,005 % chi phí tăng lên sản xuất. Do vậy, giới hạn dưới của hàm lượng P tốt hơn là 0,005 %.

S: 0,0020 % đến 0,0200 %

S là nguyên tố mà tạo ra lớp phủ Cu_2S với sự có mặt của Cu và do đó ức chế

phản ứng ăn mòn tại bề mặt thép và cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric. S cũng là nguyên tố có hại mà tạo ra MnS là bao thể phi kim loại và làm giảm độ chống ăn mòn cục bộ với MnS này đóng vai trò là điểm khởi nguồn của sự ăn mòn cục bộ. Theo đó, xét về mặt đảm bảo độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, hàm lượng S là 0,0020 % hoặc lớn hơn. Trong khi đó, xét về mặt hạn chế việc làm giảm độ chống ăn mòn cục bộ, hàm lượng S là 0,0200 % hoặc nhỏ hơn. Xét về mặt tăng cường hơn nữa độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, hàm lượng S tốt hơn là 0,0050 % hoặc lớn hơn.

Cu: 0,20 % đến 0,50 %

Cu là nguyên tố thiết yếu cải thiện độ chịu axit trong môi trường ăn mòn axit. Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,20 %, tác dụng này là không đáng kể. Nếu hàm lượng Cu lớn hơn 0,50 %, tác dụng cải thiện độ chịu axit bị bão hòa, và khả năng sản xuất và cụ thể là khả năng gia công nóng giảm xuống. Do đó hàm lượng Cu nằm trong phạm vi từ 0,20 % đến 0,50 %.

Ni: 0,10 % đến 0,80 %

Ni là nguyên tố hạn chế việc làm giảm khả năng gia công nóng bị gây ra do sự bổ sung Cu và Sb. Nếu hàm lượng Ni nhỏ hơn 0,10 %, tác dụng này là không đáng kể. Nếu hàm lượng Ni lớn hơn 0,80 %, tác dụng hạn chế làm giảm khả năng gia công nóng bị bão hòa, và chi phí tăng lên. Do đó hàm lượng Ni nằm trong phạm vi từ 0,10 % đến 0,80 %.

Cr: 0,20 % đến 1,50 %

Cr là nguyên tố không góp phần đáng kể vào việc cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong môi trường nhiệt độ thường nhưng cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong môi trường sử dụng nhiệt độ cao 120 °C hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Cr nhỏ hơn 0,20 %, tác dụng này là không đáng kể. Nếu hàm lượng Cr lớn hơn 1,50 %, tác dụng này bị bão hòa, và chi phí tăng lên. Do đó hàm lượng Cr nằm trong phạm vi từ 0,20 % đến 1,50 %. Hàm lượng Cr tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,40 % đến 1,50 %.

Sb: 0,050 % đến 0,300 %

Sb là nguyên tố mà, do được bổ sung kết hợp với Cu, tập trung tại bề mặt thép như hợp chất Cu và cải thiện độ chịu axit. Nếu hàm lượng Sb nhỏ hơn 0,050 %, tác dụng này là không đáng kể. Nếu hàm lượng Sb lớn hơn 0,300 %, tác dụng này bị bão hòa, và khả năng sản xuất và cụ thể là khả năng gia công nóng giảm

xuống. Do đó hàm lượng Sb nằm trong phạm vi từ 0,050 % đến 0,300 %. Xét về mặt đạt được cả độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất, hàm lượng Sb tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,100 % đến 0,200 %.

Ti: 0,005 % đến 0,050 %

Ti là nguyên tố được bổ sung để cải thiện độ bền và độ dai của thép. Nếu hàm lượng Ti nhỏ hơn 0,005 %, thì không thể đạt được tác dụng mong muốn. Nếu hàm lượng Ti lớn hơn 0,050 %, tác dụng cải thiện độ bền và độ dai của thép bị bão hòa. Theo đó, hàm lượng Ti nằm trong phạm vi từ 0,005 % đến 0,050 %.

Al: 0,001 % đến 0,050 %

Al là nguyên tố được bổ sung như chất khử oxy. Để đạt được tác dụng, hàm lượng Al cần là 0,001 % hoặc lớn hơn. Nếu hàm lượng Al lớn hơn 0,050 %, độ dai của thép giảm xuống. Do đó hàm lượng Al nằm trong phạm vi từ 0,001 % đến 0,050 %. Hàm lượng Al tốt hơn là nằm trong phạm vi từ 0,010 % đến 0,050 %.

N: 0,0005 % đến 0,0050 %

N là nguyên tố mà, ở trong trạng thái dung dịch rắn, làm giảm độ dai của thép. Hàm lượng N mong muốn là thấp nhất có thể, nhưng có thể cho phép hàm lượng N 0,0050 % hoặc nhỏ hơn. Về mặt kỹ thuật rất khó loại bỏ hoàn toàn N, và đồng thời việc giảm hàm lượng N lớn hơn mức cần thiết làm tăng chi phí sản xuất. Do vậy, giới hạn dưới hàm lượng N là 0,0005 %.

Chỉ thỏa mãn phạm vi hàm lượng của mỗi thành phần được mô tả ở trên là không đủ, và điều quan trọng là các hàm lượng của S, Cu, và Sb thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây và các hàm lượng của Cu, Ni, và Sb thỏa mãn biểu thức (2) dưới đây:

$$0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00 \quad \dots (1)$$

$$0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50 \quad \dots (2)$$

trong đó [%S], [%Cu], [%Ni], và [%Sb] là các hàm lượng tương ứng (% theo khối lượng) của S, Cu, Ni, và Sb trong thành phần hóa học.

Thử nghiệm dẫn đến phát hiện này được mô tả dưới đây.

Thử nghiệm

Mỗi thép chứa C: 0,050 % đến 0,150 %, Si: 0,10 % đến 0,80 %, Mn: 0,50 % đến 1,00 %, P: 0,050 % hoặc nhỏ hơn, Cr: 0,20 % đến 1,50 %, Ti: 0,005 % đến 0,050 %, Al: 0,001 % đến 0,050 %, và N: 0,0005 % đến 0,0050 % trong đó các hàm lượng của S, Cu, Ni, và Sb được thay đổi (với phần còn lại là Fe và các tạp chất

không thể tránh được) thu được bằng cách luyện thép trong lò chuyển, và được tạo thành phôi thép có độ dày 200 mm bằng cách đúc liên tục. Phôi thép được làm nguội, và sau đó được làm nóng lại đến 1200 °C và được cán nóng, để thu được tấm thép được cán nóng có độ dày tấm là 4,5 mm.

Trong quá trình cán nóng, sự giảm chiều dày sau cán là 97,75 %, nhiệt độ cấp cho giá cán hoàn thiện là 850 °C, nhiệt độ cuộn là 560 °C, và tốc độ làm nguội trung bình từ 800 °C xuống 650 °C nằm trong phạm vi từ 3,0 °C/giây đến 8,0 °C/giây.

Để nghiên cứu sự ảnh hưởng của mỗi nguyên tố bổ sung trong môi trường ăn mòn điểm sương axit sulfuric, mẫu thử nghiệm ăn mòn có chiều rộng 20 mm, chiều dài 30 mm, và độ dày 3 mm được cắt khỏi tấm thép được cán nóng đã thu được. Mẫu thử nghiệm ăn mòn đã cắt được trải qua thử nghiệm ăn mòn bằng cách ngâm trong axit sulfuric qua quá trình ngâm trong dung dịch nước axit sulfuric (nhiệt độ: 70 °C, nồng độ: 50 % theo khối lượng) trong 6 giờ, để đo tổn hao ăn mòn. Tốc độ ăn mòn của mỗi mẫu thử nghiệm được tính từ tổn hao ăn mòn đã đo được.

Độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt: tốc độ ăn mòn là 280 g/(m².giờ) hoặc nhỏ hơn

không đạt: tốc độ ăn mòn lớn hơn 280 g/(m².giờ).

Hơn nữa, độ sâu khuyết tật bề mặt trong việc đúc phôi thép được xác định bằng cách nhận dạng khuyết tật bất kỳ qua việc nhuộm màu cho bề mặt và thực hiện quan sát trực quan và đồng thời quan sát khuyết tật theo mặt cắt ngang. Khả năng sản xuất (khả năng gia công nóng) được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt: độ sâu khuyết tật bề mặt nhỏ hơn 0,2 mm

không đạt: độ sâu khuyết tật bề mặt là 0,2 mm hoặc lớn hơn.

Các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.3 minh họa các mối quan hệ của các kết quả đánh giá về độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric và khả năng sản xuất với $[\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb])$ và/hoặc $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$.

Như được minh họa trên Fig.1, bằng cách giới hạn $[\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 5,00, đã thu được tác dụng cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ưu việt. Như được minh họa trên Fig.2, bằng cách giới hạn $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 2,50, đã thu được khả

năng sản xuất ưu việt.

Như được minh họa trên Fig.3, bằng cách giới hạn $[\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 5,00 và giới hạn $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 2,50, đã đạt được cả độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ưu việt và khả năng sản xuất ưu việt.

Từ các kết quả thử nghiệm này, các tác giả đã phát hiện ra rằng, bằng cách thỏa mãn cả hai biểu thức (1) và (2) nêu trên, có thể đạt được cả độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ưu việt và khả năng sản xuất ưu việt và đồng thời có thể thu được cả khả năng uốn đủ và độ bền mỏi.

$$0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00$$

Như được mô tả ở trên, bằng cách bổ sung các lượng S và Sb thích hợp tùy thuộc vào hàm lượng Cu, nghĩa là, bằng cách điều chỉnh $[\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 5,00, độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric có thể được cải thiện đáng kể trong khi đảm bảo khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi.

Do vậy, các hàm lượng của S, Cu, và Sb cần thỏa mãn $0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00$.

Trị số $[\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb])$ tốt hơn là 3,50 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 3,00 hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 2,50 hoặc nhỏ hơn.

$$0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50$$

Như được mô tả ở trên, bằng cách bổ sung lượng Ni thích hợp tùy thuộc vào hàm lượng Cu và hàm lượng Sb, nghĩa là, bằng cách điều chỉnh $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ trong phạm vi từ 0,50 đến 2,50, khả năng sản xuất và cụ thể là khả năng gia công nóng có thể được cải thiện đáng kể trong khi duy trì độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric.

Do vậy, các hàm lượng của Cu, Ni, và Sb cần thỏa mãn $0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50$.

Trị số $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ tốt hơn là 0,55 hoặc lớn hơn, và tốt hơn nữa là 0,60 hoặc lớn hơn.

Xét về mặt chỉ cải thiện khả năng sản xuất, chỉ có giới hạn dưới của $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ cần được định ra. Tuy nhiên, khi hàm lượng Ni được tăng lên, độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric có thể bị ảnh hưởng bất lợi. Theo đó, ở đây, giới hạn trên của $[\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb])$ cũng được định ra.

Các hàm lượng của C, Ti, và N tốt hơn là thỏa mãn biểu thức (3) dưới đây:

$$0,30 \leq [\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N]) \leq 2,50 \quad \dots (3)$$

trong đó [%C], [%Ti], và [%N] là các hàm lượng tương ứng (% theo khối lượng) của C, Ti, và N trong thành phần hóa học.

$$0,30 \leq [\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N]) \leq 2,50$$

Các tác giả đã phát hiện ra rằng, bằng cách kiểm soát thích hợp mối quan hệ các hàm lượng của Ti, C, và N trong thành phần hóa học được mô tả ở trên, nghĩa là, bằng cách giới hạn $[\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N])$ trong phạm vi từ 0,30 đến 2,50, độ bền mỏi có thể được cải thiện đáng kể.

Do đó, các hàm lượng của Ti, C, và N trong thành phần hóa học được mô tả ở trên tốt hơn là thỏa mãn biểu thức (3) nêu trên.

Trị số $[\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N])$ tốt hơn nữa là 0,40 hoặc lớn hơn và 2,00 hoặc nhỏ hơn, vẫn còn tốt hơn nữa là 0,50 hoặc lớn hơn và 1,50 hoặc nhỏ hơn, và còn tốt hơn nữa là 0,50 hoặc lớn hơn và 1,10 hoặc nhỏ hơn.

Các thành phần khác với các thành phần được mô tả ở trên là Fe và các tạp chất không thể tránh được.

Ở đây, “các tạp chất không thể tránh được” là các nguyên tố không thể tránh được mà được chứa do sắt và quặng nguyên liệu thép, phế liệu, v.v., và biểu thị các thành phần tạp chất mà không được bổ sung có chủ ý và ở trong phạm vi sao cho không ảnh hưởng đến các hiệu quả có lợi theo sáng chế. Các ví dụ về các tạp chất không thể tránh được bao gồm O (oxy). Giới hạn trên là khoảng 0,0050 %.

Vi cấu trúc thép được ưu tiên của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế được mô tả dưới đây.

Vi cấu trúc thép được ưu tiên của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế là vi cấu trúc thép mà trong đó tỷ lệ diện tích của pha ferit trên toàn bộ vi cấu trúc thép là 75 % hoặc lớn hơn, tỷ lệ diện tích của pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 25 %, và tổng tỷ lệ diện tích của các vi cấu trúc còn lại khác với pha ferit và pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 5 %.

Để thu được vi cấu trúc như này, điều quan trọng là kiểm soát thích hợp các điều kiện cán nóng được mô tả dưới đây, và cụ thể là, để giới hạn tốc độ làm nguội trung bình nằm trong phạm vi nhiệt độ từ 800 °C xuống 650 °C đến 1,0 °C/giây hoặc lớn hơn và 20,0 °C/giây hoặc nhỏ hơn.

Tỷ lệ diện tích của pha ferit: 75 % hoặc lớn hơn

Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được uốn cong để sử dụng trong một số trường hợp, tùy thuộc vào hình dạng của sản phẩm cuối cùng và trường hợp tương tự. Nếu tỷ lệ diện tích của pha ferit nhỏ hơn 75 %, sự nứt gãy có khả năng xảy ra ở phần uốn. Do đó, tỷ lệ diện tích của pha ferit trên toàn bộ vi cấu trúc thép tốt hơn là 75 % hoặc lớn hơn. Tỷ lệ diện tích của pha ferit tốt hơn nữa là 80 % hoặc lớn hơn. Tỷ lệ diện tích của pha ferit có thể là 100 %.

Tỷ lệ diện tích của pha peclit: nhỏ hơn 25 %

Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được uốn cong để sử dụng trong một số trường hợp, tùy thuộc vào hình dạng của sản phẩm cuối cùng và trường hợp tương tự. Nếu tỷ lệ diện tích của pha peclit là 25 % hoặc lớn hơn, sự nứt gãy có khả năng xảy ra ở phần uốn. Do đó, tỷ lệ diện tích của pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép tốt hơn nhỏ hơn 25 %. Tỷ lệ diện tích của pha peclit tốt hơn nữa là 20 % hoặc nhỏ hơn. Tỷ lệ diện tích của pha peclit có thể là 0 %.

Các vi cấu trúc còn lại khác với pha ferit và pha peclit được mô tả ở trên bao gồm pha bainit và các pha tương tự khác. Trong trường hợp mà pha bainit, pha mactensit, hoặc các pha tương tự khác được trộn lẫn, sự nứt gãy có thể xảy ra ở phần uốn. Do đó, tổng tỷ lệ diện tích của các vi cấu trúc còn lại khác với pha ferit và pha peclit tốt hơn là nhỏ hơn 5 %.

Nếu độ cứng Vickers tối đa lớn hơn 200, sự nứt gãy có khả năng xảy ra ở phần uốn, và đồng thời độ bền mỏi có xu hướng giảm xuống. Trong khi đó, nếu độ cứng Vickers trung bình nhỏ hơn 80, độ bền được xác định trước khó được đảm bảo.

Do đó tốt hơn là độ cứng Vickers tối đa là 200 hoặc nhỏ hơn và độ cứng Vickers trung bình là 80 hoặc lớn hơn.

Hơn nữa, điện thế V_a (V) tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt biểu diễn mối quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện thế của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế trong dung dịch nước axit sulfuric ở nhiệt độ là 70°C và nồng độ là 50 % theo khối lượng tốt hơn là thỏa mãn biểu thức (4) dưới đây với điện thế V_g (V) tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt của thép chuẩn của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong dung dịch nước axit sulfuric:

$$V_g - V_a > 0,03 \quad \dots (4).$$

Sự ăn mòn của thép trong dung dịch nước axit sulfuric diễn ra do sự khử ion hydro trong dung dịch nước axit sulfuric và sự hòa tan sắt. Fig.4 minh họa ví dụ về đường cong phân cực ca-tốt biểu diễn mối quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện thế khử ion hydro trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70 °C và nồng độ là 50 % theo khối lượng và đường cong phân cực a-nốt biểu diễn mối quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện thế của sự hòa tan sắt. Trên Fig.4, điểm giao cắt của đường cong phân cực ca-tốt và đường cong phân cực a-nốt là điểm mà tại đó sự ăn mòn diễn ra trên thực tế.

Các tác giả đã tính các đường cong phân cực ca-tốt của các thép khác nhau dưới các điều kiện khác nhau, và khảo sát tiếp mối quan hệ giữa đường cong phân cực ca-tốt và độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric.

Kết quả là các tác giả đã phát hiện ra cách hiệu quả cải thiện độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric là hạn chế phản ứng ca-tốt, và độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được liên quan chặt chẽ đến điện thế tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² trong đường cong phân cực ca-tốt trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70 °C và nồng độ là 50 % theo khối lượng.

Nhờ thực hiện nghiên cứu chuyên sâu hơn, các tác giả đã phát hiện ra tốt hơn là điện thế V_a (V) tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² trong đường cong phân cực ca-tốt của thép mục tiêu thỏa mãn biểu thức (4) nêu trên với điện thế V_g (V) tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² trong đường cong phân cực ca-tốt của thép chuẩn mà là thép thông thường trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70 °C và nồng độ là 50 % theo khối lượng, và độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric có thể được tăng cường hơn nữa bằng cách thỏa mãn mối quan hệ này.

Do đó, tốt hơn là thỏa mãn $V_g - V_a > 0,03$. Tốt hơn nữa là, $V_g - V_a > 0,05$. Không có giới hạn trên được đặt cho trị số $V_g - V_a$, nhưng giới hạn trên thường khoảng 0,15.

Khi phép đo điện thế được thực hiện bằng cách sử dụng điện cực chuẩn Hg/Hg(SO₄), V_a và V_g đều giả định là các trị số âm. Ngay cả trong trường hợp này, điều quan trọng là thiết đặt V_a nhỏ hơn V_g .

Nguyên nhân của việc lựa chọn điện thế tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² trên đường cong phân cực ca-tốt là do: Tại mật độ dòng điện thấp hơn, tiếng ồn và hiện tượng tương tự có thể phát sinh tùy thuộc vào điều kiện đo. Tại mật độ dòng điện cao hơn, phản ứng ca-tốt tự nó có thể trở thành giới hạn tốc độ, khiến cho khó có thể đo chính xác điện thế.

Ở đây, thép chuẩn là thép có thành phần hóa học chứa, % theo khối lượng, C: 0,050 % đến 0,150 %, Si: 0,10 % đến 0,80 %, Mn: 0,50 % đến 1,00 %, P: 0,050 % hoặc nhỏ hơn, S: 0,0020 % đến 0,0200 %, Al: 0,001 % đến 0,050 %, và N: 0,0005 % đến 0,0050 % với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được (cụ thể, thép có thành phần hóa học chứa Cu: nhỏ hơn 0,02 %, Ni: nhỏ hơn 0,02 %, Cr: nhỏ hơn 0,02 %, Sb: nhỏ hơn 0,010 %, và Ti: nhỏ hơn 0,005 %). Bất kỳ thép nào mà có thành phần hóa học như này có đường cong phân cực ca-tốt gần giống nhau trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70 °C và nồng độ là 50 % theo khối lượng.

Phương pháp sản xuất được ưu tiên cho thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric được bộc lộ theo sáng chế được mô tả dưới đây.

Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế thu được bằng cách hoàn thiện nguyên liệu thép được điều chỉnh đến thành phần hóa học được mô tả ở trên thành hình dạng bất kỳ như là tấm thép mỏng, tấm thép dày, và thép định hình. Ví dụ, phương pháp sản xuất thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo sáng chế bao gồm việc thực hiện làm nóng chảy bằng phương pháp thông thường đã được biết như là lò chuyển, lò nung bằng điện, hoặc hệ thống khử khí chân không và sau đó thực hiện đúc liên tục và phương pháp tương tự để thu được phôi thép, và, ngay lập tức sau đó hoặc sau khi làm nguội phôi thép, làm nóng lại phôi thép và cán nóng thép. Trong trường hợp sản xuất tấm thép được cán nguội, quá trình tẩy gỉ, cán nguội, và ủ được thực hiện tiếp để thu được sản phẩm.

Xét về mặt đảm bảo các đặc tính cơ học được yêu cầu như là độ bền (độ cứng), khả năng uốn, và độ bền mỏi, các điều kiện cán nóng tốt nhất là sự giảm chiều dày sau cán từ 50 % đến 99 %, nhiệt độ cấp cho giá cán hoàn thiện là 650 °C đến 950 °C, nhiệt độ cuộn từ 400 °C đến 650 °C, và tốc độ làm nguội trung bình từ 800 °C xuống 650 °C là từ 1,0 °C/giây đến 20,0 °C/giây.

Xét về mặt thỏa mãn biểu thức (4) nêu trên, tốc độ làm nguội trung bình từ 800 °C xuống 650 °C tốt hơn là từ 1,0 °C/giây đến 10,0 °C/giây.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các mẫu thép có các thành phần hóa học được liệt kê trong bảng 1 (phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được) được chuẩn bị bằng cách luyện thép trong lò chuyển và được tạo thành các phôi thép có độ dày 200 mm bằng cách đúc liên tục. Các phôi thép được làm nguội, và sau đó được làm nóng lại đến 1200 °C và được cán nóng để thu được các tấm thép được cán nóng có độ dày tấm là 4,5

mm.

Trong quá trình cán nóng, sự giảm chiều dày sau cán là 97,75 %, nhiệt độ cấp cho giá cán hoàn thiện là 850 °C, nhiệt độ cuộn là 560 °C, và tốc độ làm nguội trung bình từ 800 °C xuống 650 °C như được liệt kê trong bảng 2.

Đối với mỗi tấm thép được cán nóng thu được, tỷ lệ diện tích của mỗi pha trong vi cấu trúc thép và độ cứng Vickers được đo và độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric, khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi được đánh giá bằng các phương pháp dưới đây. Các kết quả được thể hiện trong bảng 2.

- Đo tỷ lệ diện tích của mỗi pha trong vi cấu trúc thép

Phần cắt thẳng đứng (vị trí chiều sâu của độ dày tấm $\times 1/4$) song song với hướng cán của tấm thép được cán nóng được khắc bằng cách sử dụng chất phản ứng nital 3 % (axit nitric 3 % + etanol), và phần được quan sát và được chụp ảnh với kính hiển vi quang học với độ phóng đại là 100. Bằng cách sử dụng các ảnh hiển vi thu được, các tỷ lệ diện tích của ferit và peclit được đo. Mỗi tỷ lệ diện tích của ferit và peclit được đo bằng cách sử dụng phương pháp đếm điểm (theo tiêu chuẩn ASTM E562-83 (1988)) qua sự quan sát cho 5 trường quan sát. Tỷ lệ diện tích của các vi cấu trúc còn lại khác ferit và peclit có thể được tính bằng cách lấy 100% trừ đi tổng tỷ lệ diện tích của ferit và peclit.

- Đo độ cứng Vickers

Độ cứng Vickers được đo tại 20 điểm bất kỳ ở lớp bề mặt (vị trí 0,5 mm từ bề mặt) của tấm thép được cán nóng thu được với tải trọng 9,8 N, theo tiêu chuẩn JIS Z 2244. Trị số trung bình và trị số tối đa của các phép đo được tính sau đó.

- Độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric

Mẫu thử nghiệm ăn mòn có chiều rộng 20 mm, chiều dài 30 mm, và độ dày 3 mm được cắt khỏi tấm thép được cán nóng thu được. Mẫu thử nghiệm ăn mòn đã cắt được trải qua thử nghiệm ăn mòn bằng cách ngâm trong axit sulfuric qua quá trình ngâm trong dung dịch nước axit sulfuric (nhiệt độ: 70 °C, nồng độ: 50 % theo khối lượng) trong 6 giờ, để đo tổn hao ăn mòn. Tốc độ ăn mòn của mỗi mẫu thử nghiệm được tính từ tổn hao ăn mòn được đo.

Độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ở nhiệt độ môi trường được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt (đặc biệt tốt): tốc độ ăn mòn nhỏ hơn 250 g/(m².giờ)

đạt: tốc độ ăn mòn là 250 g/(m².giờ) hoặc lớn hơn và 280 g/(m².giờ) hoặc

nhỏ hơn

không đạt: tốc độ ăn mòn lớn hơn $280 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{giờ})$.

Ngoài thử nghiệm trên, mẫu thử nghiệm ăn mòn có chiều rộng 20 mm, chiều dài 30 mm, và độ dày 3 mm, được cắt khỏi tấm thép được cán nóng đã thu được. Mẫu thử nghiệm ăn mòn được cắt được trải qua thử nghiệm ăn mòn bằng cách ngâm trong axit sulfuric qua quá trình ngâm trong dung dịch nước axit sulfuric (nhiệt độ: 140°C , nồng độ: 80 % theo khối lượng) trong 3 giờ, để đo tổn hao ăn mòn. Tốc độ ăn mòn của mỗi mẫu thử nghiệm được tính từ tổn hao ăn mòn được đo.

Độ chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric ở nhiệt độ cao được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt (đặc biệt tốt): tốc độ ăn mòn nhỏ hơn $92 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{giờ})$

đạt: tốc độ ăn mòn là $92 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{giờ})$ hoặc lớn hơn và $97 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{giờ})$ hoặc nhỏ hơn

không đạt: tốc độ ăn mòn lớn hơn $97 \text{ g}/(\text{m}^2.\text{giờ})$.

- Khả năng sản xuất

Độ sâu khuyết tật bề mặt trong phôi thép đúc được xác định bằng cách nhận dạng khuyết tật bất kỳ qua việc nhuộm màu cho bề mặt và thực hiện quan sát trực quan và đồng thời quan sát khuyết tật theo mặt cắt ngang. Khả năng sản xuất được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt (đặc biệt tốt): không có khuyết tật bề mặt được quan sát

đạt: độ sâu khuyết tật bề mặt nhỏ hơn 0,2 mm

không đạt: độ sâu khuyết tật bề mặt là 0,2 mm hoặc lớn hơn.

- Khả năng uốn

Mẫu thử nghiệm có chiều rộng là 50 mm, có chiều dài là 100 mm, và độ dày là 3,2 mm được cắt khỏi tấm thép được cán nóng đã thu được. Mẫu thử nghiệm đã cắt được trải qua uốn 180° (uốn 3T) với ba tấm có độ dày tấm giống nhau được đặt xem giữa ở mặt trong, và phần uốn được quan sát trực quan. Khả năng uốn được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt: không có vết nứt

không đạt: có vết nứt.

- Độ bền mỏi

Đối với độ bền mỏi, mẫu được thu với chiều dài của nó vuông góc với hướng cán của tấm thép, và thử nghiệm độ mỏi uốn phẳng được thực hiện dưới các điều kiện ứng suất đối xứng (tỷ số ứng suất: -1) và tần số: 10 Hz, theo tiêu chuẩn JIS Z 2275 (1978).

Ứng suất với không có sự nứt gãy được phát hiện lên đến 1000000 chu kỳ trong thử nghiệm độ mỏi uốn phẳng với ứng suất đối xứng được đo và được lấy làm độ bền mỏi. Độ bền mỏi được đánh giá được dựa trên tiêu chuẩn dưới đây:

đạt (đặc biệt tốt): độ bền mỏi là 200 MPa hoặc lớn hơn

đạt: độ bền mỏi là 150 MPa hoặc lớn hơn và nhỏ hơn 200 MPa

không đạt: độ bền mỏi nhỏ hơn 150 MPa.

Vật liệu thử nghiệm với kích cỡ 10 mm × 10 mm được cắt khỏi tấm thép được cán nóng đã thu được, và bề mặt phía đầu và bề mặt phía sau của mẫu thử nghiệm bị cắt được bao phủ với lớp phủ bảo vệ và được bảo vệ. Vật liệu thử nghiệm được ngâm trong dung dịch nước axit sulfuric (nhiệt độ: 70 °C, nồng độ: 50 % theo khối lượng) trong 10 phút. Sau đó, điện thế được quét về phía ca-tốt lên đến khoảng 0,4 V với tốc độ 1 mV/giây, và thu được đường cong phân cực ca-tốt. Bằng cách sử dụng đường cong phân cực ca-tốt thu được, điện thế V_a (V) tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² được xác định qua việc vẽ đồ thị, và hiệu điện thế của nó với điện thế V_g (V) tại mật độ dòng điện là 0,1 A/cm² trên đường cong phân cực ca-tốt số 18 làm thép chuẩn được tính. Trong phép đo điện thế, điện cực chuẩn Hg/Hg(SO₄) được sử dụng. Các kết quả được thể hiện trong bảng 2.

Bảng 1

Thép số	Thành phần hóa học (% theo khối lượng)													[%Cu]/(1 0×[%S]+ %Sb)]	[%Ni]/(1 %Cu)+[% Sb)]	[%Ti]/(0, 2×[%C]+ [%N])	Ghi chú
	C	Si	Mn	P	S	Cu	Ni	Cr	Sb	Ti	Al	N	O				
1	0,076	0,30	0,56	0,009	0,0052	0,26	0,29	0,60	0,060	0,017	0,024	0,0043	0,0015	2,32	0,91	0,87	Ví dụ sáng chế
2	0,073	0,29	0,59	0,010	0,0028	0,26	0,32	0,56	0,057	0,018	0,022	0,0029	0,0014	3,06	1,01	1,03	Ví dụ sáng chế
3	0,081	0,31	0,55	0,007	0,0048	0,29	0,33	0,58	0,059	0,016	0,040	0,0037	0,0015	2,71	0,95	0,80	Ví dụ sáng chế
4	0,075	0,28	0,57	0,009	0,0033	0,26	0,30	0,59	0,057	0,015	0,025	0,0049	0,0030	2,89	0,95	0,75	Ví dụ sáng chế
5	0,077	0,28	0,62	0,008	0,0034	0,29	0,28	0,59	0,151	0,011	0,020	0,0033	0,0020	1,57	0,63	0,59	Ví dụ sáng chế
6	0,077	0,28	0,62	0,009	0,0035	0,29	0,29	0,60	0,200	0,011	0,020	0,0027	0,0021	1,23	0,59	0,61	Ví dụ sáng chế
7	0,077	0,28	0,63	0,008	0,0034	0,29	0,31	0,60	0,294	0,011	0,021	0,0032	0,0020	0,88	0,53	0,59	Ví dụ sáng chế
8	0,078	0,28	0,60	0,008	0,0039	0,30	0,28	0,58	0,054	0,012	0,030	0,0022	0,0037	3,23	0,79	0,67	Ví dụ sáng chế
9	0,079	0,28	0,60	0,008	0,0040	0,29	0,28	0,59	0,055	0,011	0,023	0,0024	0,0026	3,05	0,81	0,60	Ví dụ sáng chế
10	0,081	0,28	0,61	0,008	0,0037	0,30	0,28	0,61	0,104	0,011	0,026	0,0023	0,0033	2,13	0,69	0,59	Ví dụ sáng chế
11	0,079	0,28	0,61	0,008	0,0090	0,30	0,28	0,61	0,055	0,011	0,028	0,0021	0,0035	2,07	0,79	0,61	Ví dụ sáng chế
12	0,081	0,28	0,61	0,008	0,0174	0,30	0,28	0,61	0,055	0,011	0,025	0,0021	0,0030	1,31	0,79	0,60	Ví dụ sáng chế
13	0,077	0,28	0,60	0,008	0,0199	0,30	0,29	0,62	0,057	0,011	0,021	0,0025	0,0021	1,17	0,81	0,61	Ví dụ sáng chế
14	0,078	0,28	0,60	0,008	0,0198	0,50	0,28	0,62	0,056	0,011	0,020	0,0023	0,0015	1,97	0,50	0,61	Ví dụ sáng chế
15	0,081	0,27	0,60	0,003	0,0148	0,30	0,28	0,61	0,056	0,011	0,028	0,0023	0,0043	1,47	0,79	0,59	Ví dụ sáng chế
16	0,081	0,28	0,60	0,007	0,0148	0,30	0,28	0,61	0,055	0,011	0,024	0,0022	0,0038	1,48	0,79	0,60	Ví dụ sáng chế
17	0,073	0,29	0,61	0,007	0,0038	0,20	0,60	0,60	0,050	0,016	0,028	0,0022	0,0021	2,27	2,40	0,95	Ví dụ sáng chế
18	0,093	0,12	0,93	0,016	0,0029	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,013</u>	<u>tr</u>	<u>0,001</u>	0,029	0,0025	0,0011	<u>0,34</u>	1,00	0,05	Ví dụ so sánh
19	0,081	0,28	0,60	0,008	0,0038	0,30	0,28	0,60	<u>0,010</u>	0,011	0,024	0,0025	0,0034	<u>6,25</u>	0,90	0,59	Ví dụ so sánh
20	0,085	0,35	<u>1,51</u>	0,007	<u>0,0010</u>	<u>0,01</u>	<u>0,01</u>	<u>0,020</u>	<u>0,048</u>	0,012	0,031	0,0031	0,0013	<u>0,17</u>	<u>0,17</u>	0,60	Ví dụ so sánh
21	0,143	0,28	<u>1,06</u>	0,012	0,0040	<u>0,001</u>	<u>0,01</u>	<u>tr</u>	<u>tr</u>	<u>tr</u>	0,034	0,0027	0,0016	<u>0,03</u>	<u>10,00</u>	0,00	Ví dụ so sánh
22	0,145	0,28	<u>1,06</u>	0,011	0,0038	0,20	<u>0,01</u>	<u>0,001</u>	<u>tr</u>	<u>tr</u>	0,036	0,0026	0,0024	<u>5,26</u>	<u>0,05</u>	0,00	Ví dụ so sánh
23	0,076	0,30	0,56	0,009	0,0052	0,26	0,29	0,60	0,060	0,005	0,024	0,0043	0,0015	2,32	0,91	0,26	Ví dụ sáng chế
24	0,076	0,30	0,56	0,009	0,0052	0,26	0,29	0,60	0,060	0,030	0,024	0,0043	0,0015	2,32	0,91	1,54	Ví dụ sáng chế
25	0,077	0,28	0,62	0,009	0,0035	0,29	0,29	0,90	0,200	0,011	0,020	0,0027	0,0021	1,23	0,59	0,61	Ví dụ sáng chế
26	0,062	0,12	0,51	0,015	0,0030	0,20	0,15	0,40	0,050	0,015	0,035	0,0030	0,0011	2,50	0,60	0,97	Ví dụ sáng chế
27	0,095	0,65	0,99	0,030	0,0035	0,35	0,79	0,80	0,092	0,007	0,031	0,0039	0,0018	2,76	1,79	0,31	Ví dụ sáng chế
28	0,145	0,38	0,75	0,012	0,0070	0,33	0,32	1,45	0,098	0,015	0,025	0,0028	0,0021	1,96	0,75	0,47	Ví dụ sáng chế
29	0,135	0,78	0,92	0,035	0,0035	0,45	0,78	1,02	0,060	0,048	0,011	0,0035	0,0013	4,74	1,53	1,57	Ví dụ sáng chế

Lưu ý: "tr" biểu thị nhỏ hơn 0,001 % theo khối lượng

Bảng 2

Thép số	Biểu thức (1)	Biểu thức (2)	Biểu thức (3)	Tốc độ trung bình từ 800°C xuống 650°C (°C/s)	Tỷ lệ diện tích của mỗi pha (%)			Độ cứng Vickers		Hiệu điện thế Vg-Va (V)	Các kết quả đánh giá				Ghi chú	
					Pha ferrit	Pha pearlit	Vi cấu trúc còn lại	Trị số trung bình	Trị số tối đa		Độ chống ăn mòn điểm tương axit sulfuric		Khả năng sản xuất	Khả năng uốn		Độ bền môi
											Nhiệt độ trung bình	Nhiệt độ cao				
1	Đạt	Đạt	Đạt	5,4	88	12	0	102	114	0,06	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
2	Đạt	Đạt	Đạt	4,4	87	13	0	98	108	0,07	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
3	Đạt	Đạt	Đạt	5,6	93	7	0	95	119	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
4	Đạt	Đạt	Đạt	7,2	86	14	0	98	107	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
5	Đạt	Đạt	Đạt	7,3	85	15	0	105	126	0,08	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
6	Đạt	Đạt	Đạt	3,5	90	10	0	112	138	0,10	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
7	Đạt	Đạt	Đạt	6,1	89	11	0	100	147	0,10	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
8	Đạt	Đạt	Đạt	7,1	90	10	0	95	128	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
9	Đạt	Đạt	Đạt	6,5	87	13	0	98	112	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
10	Đạt	Đạt	Đạt	7,5	88	12	0	110	151	0,07	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
11	Đạt	Đạt	Đạt	3,5	91	9	0	90	108	0,04	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
12	Đạt	Đạt	Đạt	5,1	89	11	0	91	118	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
13	Đạt	Đạt	Đạt	5,3	89	11	0	94	126	0,06	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
14	Đạt	Đạt	Đạt	3,1	91	9	0	97	109	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
15	Đạt	Đạt	Đạt	1,1	92	8	0	98	118	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
16	Đạt	Đạt	Đạt	4,5	93	7	0	103	127	0,05	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
17	Đạt	Đạt	Đạt	12,0	89	11	0	108	138	0,02	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
18	Không đạt	Đạt	Không đạt	5,6	93	7	0	98	115	0,00	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
19	Không đạt	Đạt	Đạt	13,1	85	15	0	105	148	0,03	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
20	Không đạt	Không đạt	Đạt	45,0	70	25	5	99	178	0,01	Không đạt	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
21	Không đạt	Không đạt	Không đạt	25,1	72	18	10	168	198	0,00	Không đạt	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
22	Không đạt	Không đạt	Không đạt	20,2	72	18	10	180	225	0,02	Không đạt	Không đạt	Không đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ so sánh
23	Đạt	Đạt	Không đạt	7,5	86	14	0	108	125	0,06	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
24	Đạt	Đạt	Đạt	7,5	86	14	0	108	125	0,06	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
25	Đạt	Đạt	Đạt	9,1	89	11	0	125	168	0,10	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
26	Đạt	Đạt	Đạt	18,0	76	22	2	135	145	0,03	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế
27	Đạt	Đạt	Đạt	18,2	77	20	3	145	155	0,03	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Ví dụ sáng chế
28	Đạt	Đạt	Đạt	1,1	95	5	0	110	125	0,13	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt	Ví dụ sáng chế
29	Đạt	Đạt	Đạt	19,9	78	18	4	162	173	0,03	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Đạt	Đạt	Đạt (đặc biệt tốt)	Ví dụ sáng chế

Như có thể được hiểu từ bảng 2, tất cả các ví dụ theo sáng chế đều ưu việt về độ chống ăn mòn điêm sương axit sulfuric, khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi.

Mặt khác, tất cả các ví dụ so sánh đều không thể đạt được các đặc tính mong muốn về ít nhất một trong số các tiêu chí bao gồm độ chống ăn mòn điêm sương axit sulfuric, khả năng sản xuất, khả năng uốn, và độ bền mỏi.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric bao gồm thành phần hóa học chứa, % theo khối lượng,

C: 0,050 % đến 0,150 %,

Si: 0,10 % đến 0,80 %,

Mn: 0,50 % đến 1,00 %,

P: 0,050 % hoặc nhỏ hơn,

S: 0,0020 % đến 0,0200 %,

Cu: 0,20 % đến 0,50 %,

Ni: 0,10 % đến 0,80 %,

Cr: 0,20 % đến 1,50 %,

Sb: 0,050 % đến 0,300 %,

Ti: 0,005 % đến 0,050 %,

Al: 0,001 % đến 0,050 %, và

N: 0,0005 % đến 0,0050 %,

với phần còn lại là Fe và các tạp chất không thể tránh được,

trong đó trong thành phần hóa học, các hàm lượng tương ứng của S, Cu, và Sb thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây và các hàm lượng tương ứng của Cu, Ni, và Sb thỏa mãn biểu thức (2) dưới đây,

và vi cấu trúc thép mà trong đó tỷ lệ diện tích của pha ferit trên toàn bộ vi cấu trúc thép là 75 % hoặc lớn hơn, tỷ lệ diện tích của pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 25 %, và tổng tỷ lệ diện tích của các vi cấu trúc khác với pha ferit và pha peclit trên toàn bộ vi cấu trúc thép nhỏ hơn 5 %; và

độ cứng Vickers tối đa là 200 hoặc nhỏ hơn và độ cứng Vickers trung bình là 80 hoặc lớn hơn:

$$0,50 \leq [\%Cu]/(10 \times [\%S] + [\%Sb]) \leq 5,00 \quad \dots (1)$$

$$0,50 \leq [\%Ni]/([\%Cu] + [\%Sb]) \leq 2,50 \quad \dots (2)$$

trong đó [%S], [%Cu], [%Ni], và [%Sb] là các hàm lượng tương ứng của S, Cu, Ni, và Sb trong thành phần hóa học tính theo % khối lượng.

2. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo điểm 1, trong đó các hàm lượng tương ứng của C, Ti, và N trong thành phần hóa học thỏa mãn biểu thức (3) dưới đây:

$$0,30 \leq [\%Ti]/(0,2 \times [\%C] + [\%N]) \leq 2,50 \quad \dots (3)$$

trong đó [%C], [%Ti], và [%N] là các hàm lượng tương ứng của C, Ti, và N trong thành phần hóa học tính theo % khối lượng.

3. Thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric theo điểm 1 hoặc 2, trong đó điện thế V_a , được thể hiện theo V , tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt biểu diễn mối quan hệ giữa mật độ dòng điện và điện thế của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong dung dịch nước axit sulfuric có nhiệt độ là 70°C và nồng độ là 50 % theo khối lượng thỏa mãn biểu thức (4) dưới đây với điện thế V_g , được thể hiện theo V , tại mật độ dòng điện là $0,1 \text{ A/cm}^2$ trong đường cong phân cực ca-tốt của thép chuẩn của thép chống ăn mòn điểm sương axit sulfuric trong dung dịch nước axit sulfuric:

$$V_g - V_a > 0,03 \quad \dots (4).$$

1/4

FIG. 1

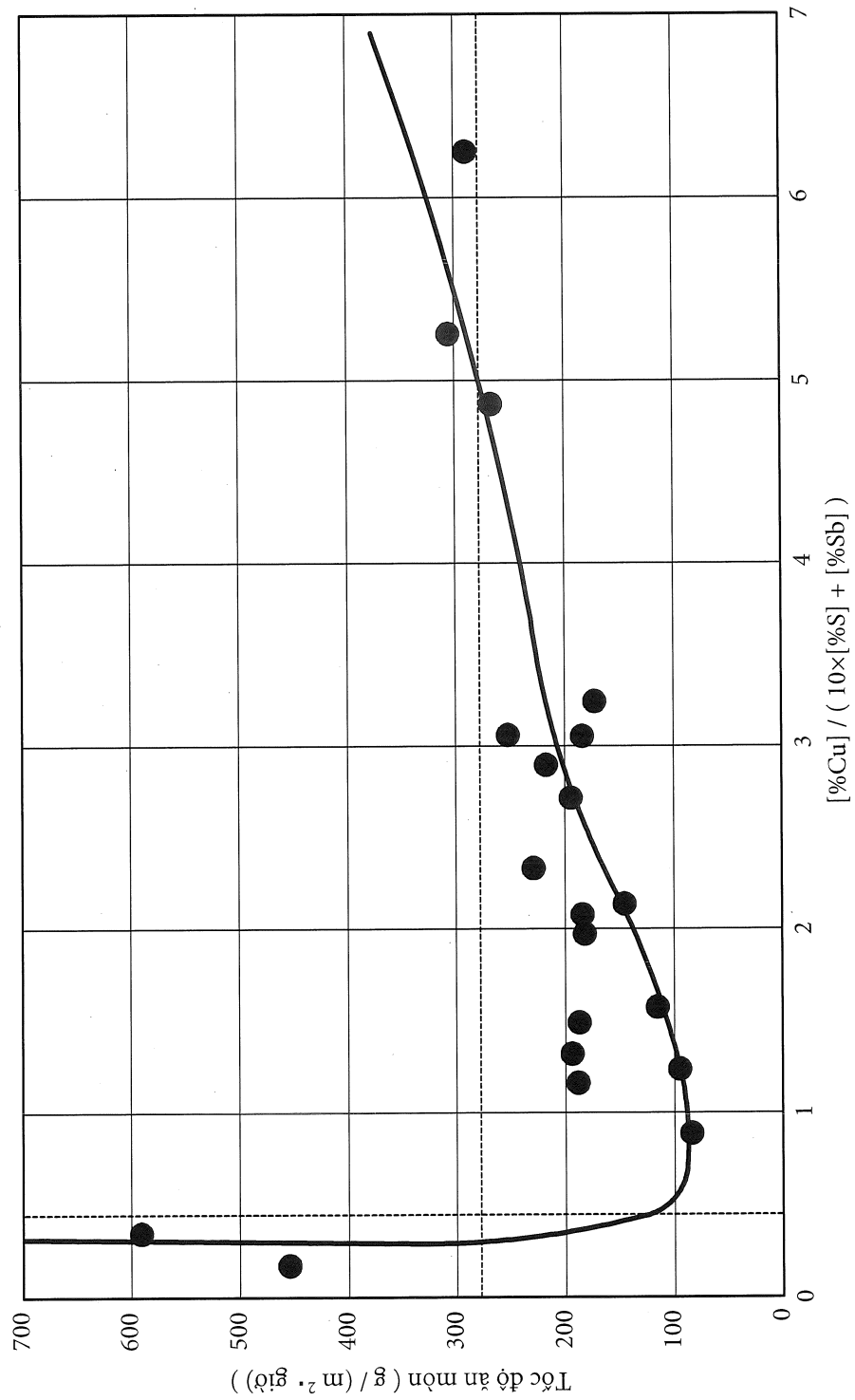


FIG. 2

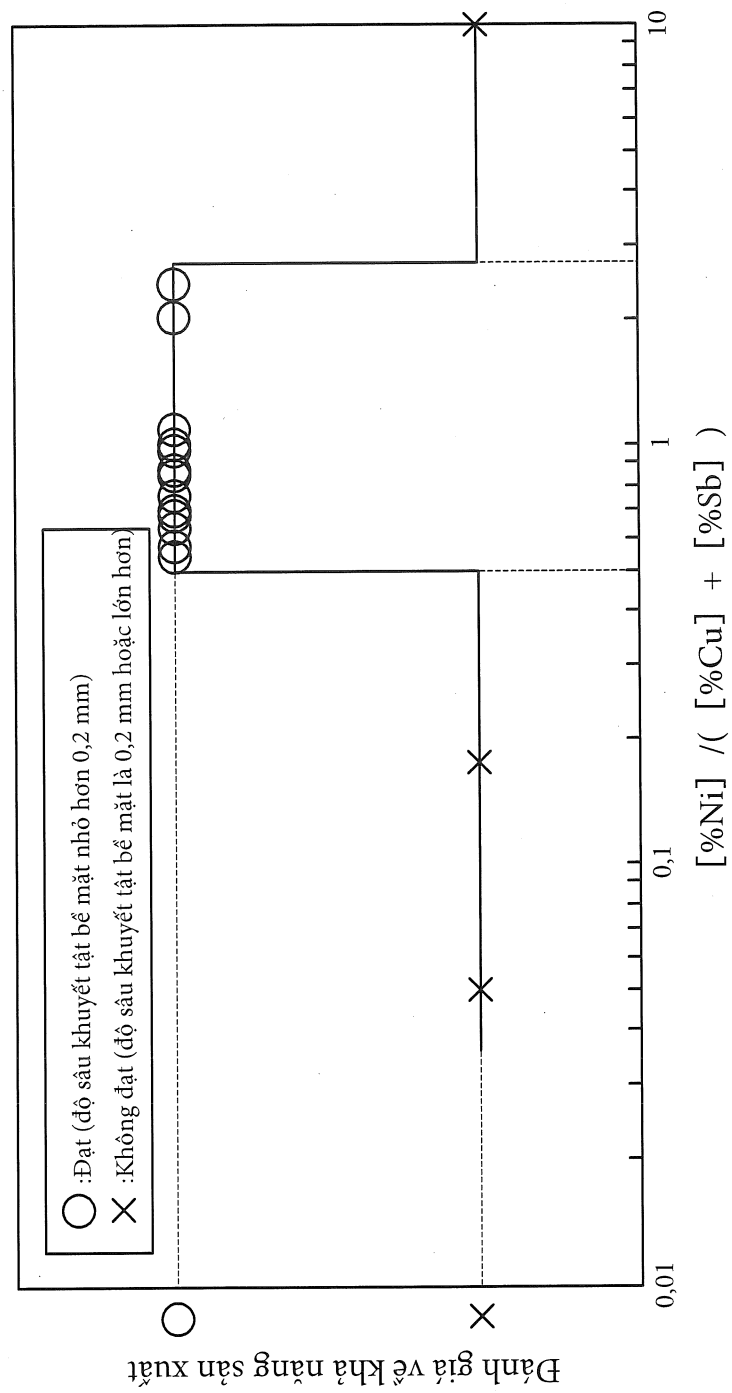


FIG. 3

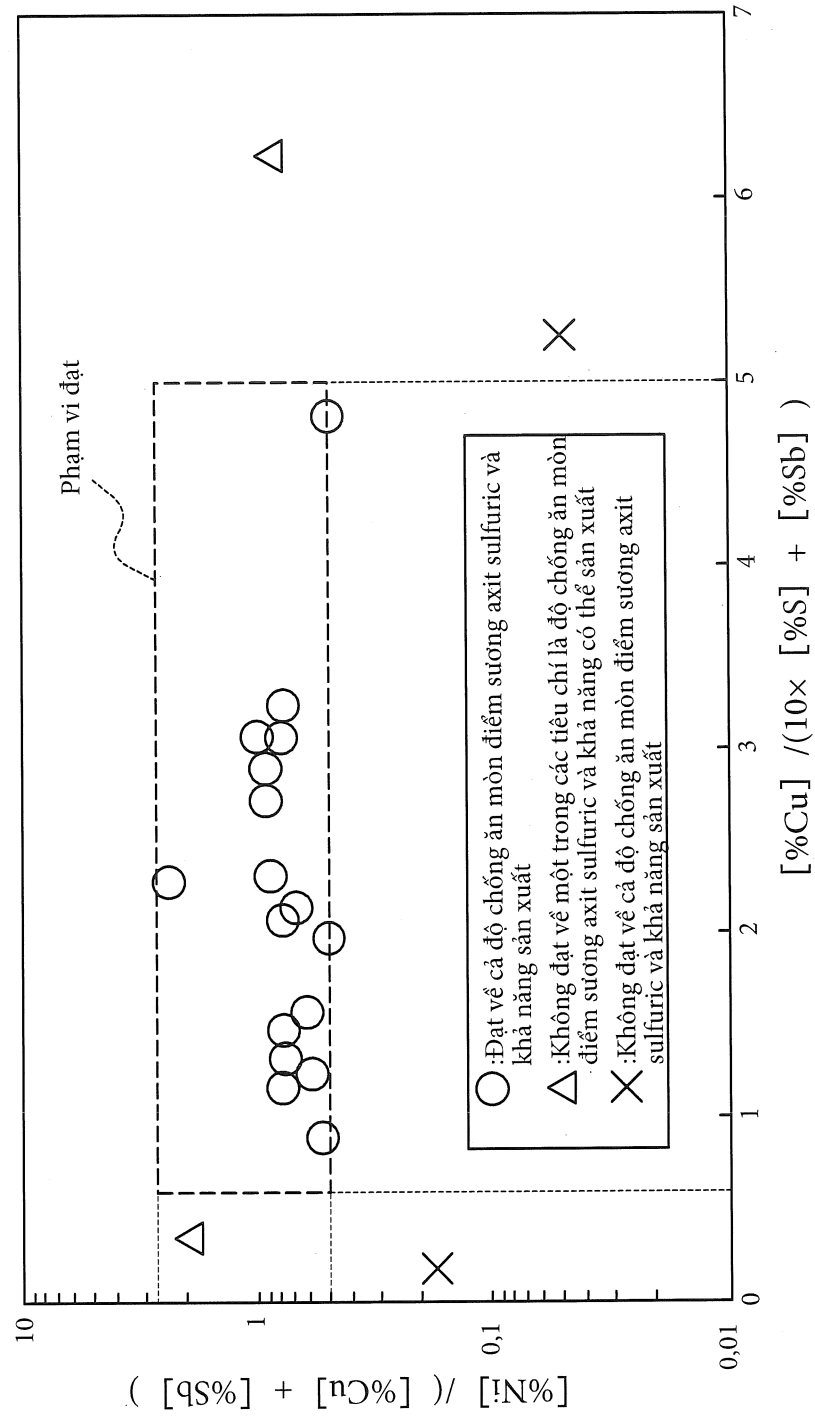


FIG. 4