



(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)



1-0028063

(51)⁷ C23C 2/12

(13) B

(21) 1-2016-04799

(22) 29/05/2014

(86) PCT/JP2014/064348 29/05/2014

(87) WO2015/181936 A1 03/12/2015

(30) 2014-108438 26/05/2014 JP

(45) 25/04/2021 397

(43) 27/03/2017 348A

(73) NISSHIN STEEL CO.,LTD. (JP)

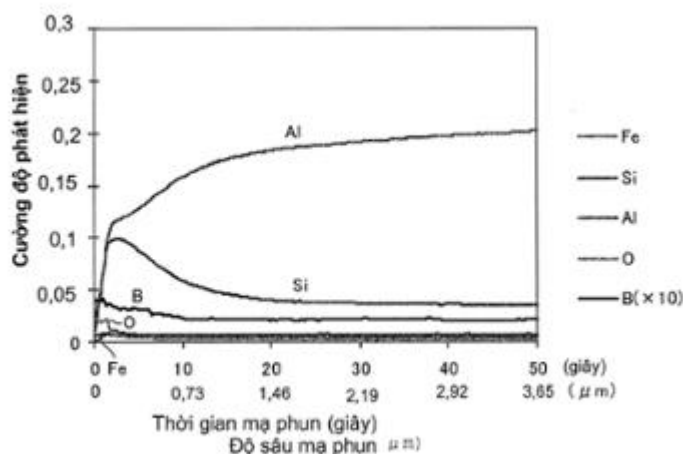
4-1, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8366, Japan

(72) FURUKAWA Shinya (JP); OKAMOTO Junichi (JP); HATTORI Yasunori (JP).

(74) Công ty TNHH Sở hữu trí tuệ WINCO (WINCO CO., LTD.)

(54) TẤM THÉP MẠ HỢP KIM NHÔM NHÚNG NÓNG CÓ ĐẶC TÍNH DỄ GIA CÔNG

(57) Sáng chế được đề xuất để cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng. Cụ thể hơn, sáng chế đề cập tới tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính dễ gia công có lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng với thành phần chứa Si với lượng từ 1,0 tới 12,0% theo trọng lượng và B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng và được tạo ra trên bề mặt của tấm thép nền, lớp mạ này có tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 khi được đo bằng kỹ thuật phân tích độ sâu GDS (phép trắc phổ phát xạ quang học phóng điện phát sáng) từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ, trong đó I_{MAX} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 tới 1,0 μm , và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ 1,0 tới 5,0 μm .



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập tới tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính dễ gia công trong đó nguyên tố B (bo) có mặt trong lớp mạ để cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát xảy ra trong lớp mạ khi tấm thép trượt trên một khuôn trong khi gia công.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng đã được sử dụng rộng rãi, đặc biệt trong những ứng dụng đòi hỏi độ bền nhiệt, ví dụ trong vật liệu chế tạo các chi tiết xả khí của xe ô tô và các chi tiết của thiết bị đốt. Nguyên tố Si được bổ sung vào dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo yêu cầu. Việc bổ sung Si vào dung dịch ngăn cho phép chặn sự phát triển của lớp hợp kim nhôm và sắt có đặc tính giòn được tạo ra giữa thép nền (nền mạ) và lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, và có tác dụng cải thiện các đặc tính cần thiết như khả năng dễ gia công uốn. Trong những trường hợp khác, các nguyên tố như Ti, B, Sr, Cr, Mg, và Zr cũng được bổ sung vào dung dịch mạ nhôm. Thành phần của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng cơ bản phản ánh hàm lượng của Si và các nguyên tố bổ sung khác trong dung dịch.

Các tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: JP-A-2013-166977

Tài liệu sáng chế 2: JP-A-2013-166978

Tài liệu sáng chế 3: WO2009/017245

Tài liệu sáng chế 4: JP-A-2002-30457

Một ưu điểm của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng là độ bền nhiệt cao hơn so với các tấm thép mạ hợp kim kẽm nhúng nóng. Tuy nhiên, tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có một vấn đề tiềm tàng là hiện tượng mòn do ma sát do trạng thái trượt trên một khuôn nói chung xảy ra nhiều hơn so với các tấm thép

mạ hợp kim kẽm nhúng nóng trong quá trình gia công bằng khuôn. Trạng thái mòn do ma sát của tấm thép mạ là hiện tượng trong đó các vết mài mòn nghiêm trọng xảy ra ở lớp mạ khi kim loại lớp mạ bám dính vào khuôn và ngăn chặn trạng thái trượt êm nhẹ trên khuôn.

Các tài liệu sáng chế 1 và 2 mô tả các thành phần lớp mạ nhôm nhúng nóng có hàm lượng B là 0,06% theo trọng lượng (Số 29 trên Bảng 2). Tuy nhiên, theo kỹ thuật được bộc lộ trong các tài liệu này, lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được đưa vào xử lý nhiệt (hoặc sau xử lý nhiệt như thường được gọi) sau khi mạ hợp kim nhôm nhúng nóng để biến đổi cấu trúc của lớp mạ trước khi xử lý anốt lớp mạ này. Các tài liệu nêu trên không mô tả rằng lớp mạ, thu được sau khi được nhúng trong dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa một lượng định trước của B, được đưa vào xử lý và trượt bằng khuôn.

Tài liệu sáng chế 3 mô tả các thành phần lớp mạ nhôm nhúng nóng chứa B với hàm lượng lần lượt là 0,12% theo trọng lượng và 0,10% theo trọng lượng (Số 8 và 17 trên Bảng 2). Tuy nhiên, các nghiên cứu được thực hiện bởi tác giả sáng chế cho thấy sự có mặt với những lượng lớn như vậy của B trong lớp mạ làm giảm đặc tính chống ăn mòn (đặc tính chống gỉ trắng) của lớp mạ. Tài liệu sáng chế 3 không mô tả việc cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát.

Tài liệu sáng chế 4 mô tả tấm thép mạ hợp kim nhôm được cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát và đặc tính chống gỉ trắng. Tuy nhiên, giải pháp được bộc lộ trong tài liệu này dự kiến cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát và các đặc tính khác bằng quy trình hóa học trong đó chất dạng hạt chủ yếu là nhôm florua được làm phân tán trên bề mặt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, sáng chế được đề xuất để cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát của chính lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng (sau đây được gọi ngắn gọn là "đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ") của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, và duy trì theo yêu cầu khả năng dễ gia công uốn và khả năng dễ gia công dập của tấm, cũng như đặc tính chống ăn mòn (đặc tính chống gỉ trắng) của lớp mạ.

Tác giả sáng chế đã tiến hành các nghiên cứu cẩn trọng, và đã thấy rằng B được làm giàu ở phần bề mặt của lớp mạ hợp kim nhôm của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng thu được với dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa lượng thích hợp của B. Ngoài ra, đã thấy rằng lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa B được làm giàu ở phần bề mặt như vậy có thể trượt được theo yêu cầu trên một khuôn, và hiện tượng mòn do ma sát có thể được ngăn chặn đáng kể. Do vậy, sáng chế được đề xuất trên cơ sở các phát hiện này.

Để đạt được mục đích nêu trên, sáng chế đề xuất tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính dễ gia công có lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng với thành phần chứa Si với lượng từ 1,0 tới 12,0% theo trọng lượng và B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng và được tạo ra trên bề mặt của tấm thép nền, lớp mạ này có tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 khi được đo bằng kỹ thuật phân tích độ sâu GDS (phép trắc phổ phát xạ quang học phóng điện phát sáng) từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ, trong đó I_{MAX} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 tới 1,0 μm , và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ 1,0 tới 5,0 μm . Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có thể có khả năng dễ gia công uốn đặc biệt cao khi hàm lượng Si trong lớp mạ được điều chỉnh sao cho lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng và nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng. Độ dày trung bình của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng (ngoại trừ lớp hợp kim nhôm và sắt), ví dụ, từ 10 tới 150 μm .

Độ sâu mạ phun có thể được xác định như sau. Bề mặt của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được mạ phun ở các điều kiện đo GDS, và dạng bất thường của bề mặt mẫu, kể cả phần được mạ phun, được đo để xác định tốc độ mạ phun GDS. Tiếp đó, thời gian mạ phun dựa trên tốc độ mạ phun này có thể được biến đổi thành độ sâu mạ phun.

Ví dụ, thành phần cụ thể của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có thể chứa Si với lượng 1,0 tới 12,0% theo trọng lượng, tốt hơn là có Si với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng tới nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng, B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng, Fe với lượng từ 0,1 tới 3,0% theo trọng

lượng, Sr với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Na với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Ca với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Sb với lượng từ 0 tới 0,6% theo trọng lượng, P với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Mg với lượng từ 0 tới 5,0% theo trọng lượng, Cr với lượng từ 0 tới 1,0% theo trọng lượng, Mn với lượng từ 0 tới 2,0% theo trọng lượng, Ti với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, Zr với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, V với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, và phần còn lại là Al và các tạp chất không tránh được. Sr, Na, Ca, Sb, P, Mg, Cr, Mn, Ti, Zr, và V là các nguyên tố tùy chọn. Sắt sẽ được trộn trong dung dịch mạ đến từ các bộ phận của thiết bị chứa dung dịch mạ, hoặc từ tấm thép được nhúng trong dung dịch mạ.

Tốt hơn là, độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt nằm xen giữa thép nền của tấm thép nền và lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng nhỏ hơn hoặc bằng 8,0 μm .

Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng như nêu trên được ưu tiên sử dụng làm tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng để xử lý với công đoạn trượt lớp mạ lên một khuôn đúc. Các ví dụ về công đoạn như vậy bao gồm công đoạn gia công dập liên quan tới công đoạn vuốt thúc rỗng hoặc ép lõi, công đoạn tạo hình kéo dùng khuôn gờ, và tạo hình cán.

Các hiệu quả có lợi theo sáng chế

Sáng chế được đề xuất để giải quyết vấn đề liên quan tới đặc tính chống mòn do ma sát của các tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng thường gặp trong các công đoạn sử dụng khuôn. Nhờ đặc tính chống mòn do ma sát được cải thiện của chính lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, có thể tạo ra tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính chống mòn do ma sát đặc biệt tốt mà không phụ thuộc vào quy trình hóa học được thực hiện theo cách tùy chọn sau khi mạ. Ngoài ra, sáng chế cho phép duy trì theo yêu cầu khả năng dễ gia công uốn, và đặc tính chống ăn mòn của lớp mạ.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện đồ thị nồng độ nguyên tố của lớp mạ của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được tạo ra nhờ dung dịch mạ nhôm chứa Si với lượng bằng 9,2% theo trọng lượng và B với lượng bằng 0,001% theo trọng lượng khi được đo bằng phân tích GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ (Ví dụ so sánh);

Fig.2 thể hiện đồ thị nồng độ nguyên tố của lớp mạ của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được tạo ra nhờ dung dịch mạ nhôm chứa Si với lượng bằng 9,2% theo trọng lượng và B với lượng bằng 0,03% theo trọng lượng khi được đo bằng phân tích GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ (Ví dụ theo sáng chế); và

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mối tương quan vị trí giữa các khuôn và vật liệu thử nghiệm (tấm thép mạ) trong thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ.

Mô tả chi tiết sáng chế

Phân bố của B trong lớp mạ

Fig.1 thể hiện đồ thị nồng độ nguyên tố của lớp mạ của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được tạo ra nhờ dung dịch mạ nhôm chứa Si với lượng bằng 9,2% theo trọng lượng và B với lượng bằng 0,001% theo trọng lượng khi được đo bằng phân tích GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ. Hàm lượng B đo được được thể hiện phóng đại 10 lần so với các nguyên tố khác (được thể hiện trên Fig.2). Phân bố nồng độ B không có các dao động lớn mặc dù mức tăng nhỏ được quan sát thấy ở các độ sâu kề sát bề mặt ngoài cùng. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng không có cải thiện đáng kể về đặc tính chống mòn do ma sát khi so sánh với các tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng thông thường thu được bằng cách sử dụng dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng không chứa B.

Fig.2 thể hiện đồ thị nồng độ nguyên tố của lớp mạ của tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được tạo ra nhờ dung dịch mạ nhôm chứa Si với lượng bằng 9,2% theo trọng lượng và B với lượng bằng 0,03% theo trọng lượng khi được đo bằng phân tích GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ như

được thể hiện trên Fig.1. Có thể thấy rằng B được làm giàu ở lân cận bề mặt ngoài cùng của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng. Nồng độ B duy trì cơ bản không đổi ở các vùng với độ sâu mạ phun lớn hơn hoặc bằng $1\text{ }\mu\text{m}$ như được thể hiện trên Fig.1. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có các cải thiện đáng kể về đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ. Đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ có thể được đánh giá bằng cách thực hiện, ví dụ, thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ, như sẽ được mô tả sau đây.

Các nghiên cứu chi tiết của tác giả sáng chế cho thấy hiệu quả cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát tăng khi B tập trung trong phần bề mặt của lớp mạ theo cách sao cho tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 khi được đo bằng phân tích GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, trong đó I_{max} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 (bề mặt ngoài cùng) tới $1,0\text{ }\mu\text{m}$, và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ $1,0$ tới $5,0\text{ }\mu\text{m}$. Có thể thu được tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 với thành phần lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,002% theo trọng lượng. Có thể thu được lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 3,0 với thành phần lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,010% theo trọng lượng, và hiệu quả cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát sẽ tăng thêm với thành phần như vậy.

Hiện tại, vẫn chưa rõ vì sao B làm giàu trong phần bề mặt của lớp mạ và cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát khi dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng chứa lượng tương đối lớn của B (ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 0,002% theo trọng lượng). Một giải thích khả dĩ là B đã mất khả năng hòa tan trong pha nhôm bị buộc phải dịch chuyển tới phần bề mặt trong quá trình hóa cứng của kim loại lớp mạ nhờ trạng thái thoát nhiệt từ tấm thép nền. Tiếp đó, B được làm giàu trong phần bề mặt tạo ra các hạt hợp chất cứng hơn so với vật liệu lớp mạ. Dường như các hạt hợp chất B như vậy được phân tán trong phần bề mặt của lớp mạ, và góp phần hạ thấp đặc tính chống trượt đối với khuôn. Như có thể quan sát thấy từ dạng kết quả đối với nguyên tố theo chiều sâu GDS, thay đổi cấu trúc do bổ sung B bị

giới hạn ở phần bề mặt của lớp mạ. Do đó, hiệu quả cải thiện đặc tính chống ăn mòn (đặc tính chống gỉ đỏ) của tấm thép nhờ lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, và khả năng dễ gia công vốn có của lớp mạ Al duy trì giống như khi B không được bổ sung.

Thành phần của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng

Lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có thành phần hóa học cơ bản giống như thành phần của dung dịch mạ. Vì thế, thành phần lớp mạ có thể được kiểm soát bằng cách điều chỉnh thành phần dung dịch mạ.

Si có tác dụng ngăn chặn sự phát triển của lớp hợp kim nhôm và sắt được tạo ra giữa tấm thép nền và lớp mạ khi lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được thực hiện. Vì lớp hợp kim nhôm và sắt có đặc tính giòn, khả năng dễ gia công bị ảnh hưởng khi độ dày của lớp hợp kim nhôm và sắt tăng. Sự phát triển của lớp hợp kim nhôm và sắt có thể được ngăn chặn theo cách hữu hiệu hơn khi hàm lượng Si trong dung dịch mạ hợp kim nhôm lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng, và điều này là có lợi đối với các ứng dụng gia công dập. Hơn nữa, việc bổ sung Si vào dung dịch mạ hợp kim nhôm làm giảm điểm nóng chảy của dung dịch mạ, và có tác dụng làm giảm nhiệt độ mạ. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng khi có mặt với lượng dư, Si hóa rắn lớp mạ, và làm giảm khả năng dễ gia công uốn. Dựa trên những nghiên cứu khác nhau, tốt hơn là, Si trong lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có hàm lượng nhỏ hơn hoặc bằng 12,0% theo trọng lượng. Với hàm lượng Si nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng, pha Si tạo thành ít hơn trong quá trình hóa cứng của lớp mạ, và pha Al tinh thể chính sẽ hóa mềm. Điều này có hiệu quả trong các ứng dụng mà khả năng dễ gia công uốn là yêu cầu quan trọng.

B là nguyên tố bổ sung quan trọng để cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng. Để B làm giàu trong phần bề mặt của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng với lượng đủ để cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát, tốt hơn là B có mặt với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,002% theo trọng lượng, tốt hơn nữa là, lớn hơn hoặc bằng 0,010% theo trọng lượng trong lớp mạ. Tuy nhiên, đã thấy rằng khi được bổ sung quá mức, B làm giảm đặc tính chống ăn mòn (đặc tính chống gỉ trắng) của lớp mạ. Sau các nghiên cứu khác nhau, tốt hơn

là, hàm lượng B nhỏ hơn hoặc bằng 0,080% theo trọng lượng, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,060% theo trọng lượng.

Dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có Fe từ những nguồn như tấm thép nền (nền mạ), và các bộ phận cấu thành của thùng mạ nhúng nóng. Hàm lượng Fe trong lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng (ngoại trừ lớp hợp kim nhôm và sắt) vì thế lớn hơn hoặc bằng 0,05% theo trọng lượng. Giới hạn trên của hàm lượng Fe là 3,0% theo trọng lượng. Tốt hơn là, hàm lượng Fe nhỏ hơn hoặc bằng 2,5% theo trọng lượng.

Các nguyên tố khác như Sr, Na, Ca, Sb, P, Mg, Cr, Mn, Ti, Zr, và V có thể được bổ sung có chủ ý vào dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo yêu cầu. Các nguyên tố khác như vậy có thể được trộn vào dung dịch mạ hợp kim nhôm nhúng nóng từ những nguồn khác, kể cả các nguyên liệu. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo sáng chế còn có thể chứa các nguyên tố có thể chấp nhận thông thường như vậy. Cụ thể là, ví dụ, tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có thể chứa Sr với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Na với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Ca với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Sb với lượng từ 0 tới 0,6% theo trọng lượng, P với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Mg với lượng từ 0 tới 5,0% theo trọng lượng, Cr với lượng từ 0 tới 1,0% theo trọng lượng, Mn với lượng từ 0 tới 2,0% theo trọng lượng, Ti với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, Zr với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, và V với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng.

Phần còn lại có thể là Al và các tạp chất không tránh được.

Lớp hợp kim nhôm và sắt

Khi sản xuất tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng, lớp hợp kim nhôm và sắt tạo thành giữa thép nền của tấm thép nền và lớp mạ. Lớp hợp kim chủ yếu tạo bởi các hợp chất liên kim loại nhôm và sắt. Lớp hợp kim được tạo ra trong dung dịch mạ hợp kim nhôm chứa Si có lượng Si dư. Như được sử dụng sau đây, thuật ngữ "lớp hợp kim nhôm và sắt" đề cập tới cả lớp hợp kim nhôm và sắt không chứa Si lẫn lớp hợp kim nhôm và sắt chứa Si và còn được gọi là lớp hợp kim dựa trên Al-Fe-Si. Vì lớp hợp kim nhôm và sắt được tạo bởi các hợp chất liên kim loại có

đặc tính giòn, lực cố kết đối với lớp mạ giảm khi độ dày của lớp này tăng, và điều này ảnh hưởng đến khả năng dễ gia công dập. Sau các nghiên cứu khác nhau, tốt hơn là, độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt nhỏ hơn hoặc bằng $8,0\ \mu\text{m}$, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $6,0\ \mu\text{m}$ khi khả năng dễ gia công dập là yêu cầu quan trọng. Để ngăn chặn sự phát triển của lớp hợp kim nhôm và sắt khi lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được tạo ra, tốt hơn là bổ sung Si vào dung dịch mạ hợp kim nhôm như nêu trên. Độ dày của lớp hợp kim được tạo ra thay đổi với nhiệt độ dung dịch và thời gian nhúng trong dung dịch mạ. Trên một dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục trong công nghiệp cụ thể, việc thiết lập các điều kiện nhằm kiểm soát độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt nhỏ hơn hoặc bằng $8,0\ \mu\text{m}$ trở nên dễ dàng hơn khi hàm lượng Si trong dung dịch mạ lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng. Xét trên quan điểm liên quan tới khả năng dễ gia công dập, độ dày của lớp hợp kim nhôm và sắt cần phải được làm giảm càng nhiều càng tốt. Tuy nhiên, việc làm giảm quá mức độ dày là không kinh tế vì điều này làm tăng gánh nặng gia công. Cụ thể hơn, độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt có thể được thiết lập nhỏ hơn hoặc bằng $0,5\ \mu\text{m}$.

Tấm thép nền

Tấm thép nền (nền mạ) có thể được chọn từ nhiều loại tấm thép nền được sử dụng thông thường khác nhau theo ứng dụng cụ thể. Tấm thép không gỉ có thể được sử dụng trong những ứng dụng mà đặc tính chống ăn mòn là yêu cầu quan trọng. Ví dụ, độ dày của tấm thép nền có thể nằm trong khoảng từ 0,4 tới 2,0 mm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng (vật liệu thử nghiệm) được tạo ra trên dây chuyền thử nghiệm bằng cách sử dụng một tấm thép tôi và cán nguội có thành phần hóa học được thể hiện trên Bảng 1 với độ dày là 0,8 mm. Thành phần của dung dịch mạ chứa Si với lượng từ 0 tới 12,0% theo trọng lượng, và B với lượng từ 0 tới 0,12% theo trọng lượng, và Fe với lượng bằng 2,0% theo trọng lượng khi xét đến kết hợp khả dĩ của Fe trong một dây chuyền sản xuất công nghiệp. Phần còn lại là Al và các tạp chất không tránh được. Hàm lượng B được

điều chỉnh bằng cách bổ sung lượng định trước của hợp kim nhôm chính chứa B với lượng bằng 4% theo trọng lượng. Nhiệt độ của dung dịch mạ từ 650 tới 680°C, thời gian nhúng trong dung dịch mạ là 2 giây, và tốc độ làm nguội là 13°C/giây. Hàm lượng Si và hàm lượng B của từng mẫu được thể hiện trong Bảng 2. Mức độ mạ đối với từng mặt (một nửa chênh lệch giữa độ dày trung bình của tấm thép sau khi mạ và độ dày của nền mạ) bằng khoảng 20 μm .

Bảng 1

Thành phần hóa học của tấm thép nền (% theo trọng lượng)							
C	Si	Mn	P	S	Al	O	N
0,033	<0,01	0,23	<0,01	0,013	0,01	0,0027	0,0025

Tấm thép mạ thu được được thử nghiệm như sau.

Phân tích nguyên tố theo chiều sâu bằng kỹ thuật GDS

Mẫu tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được đưa vào thử nghiệm mạ phun sơ bộ trong khoảng thời gian định trước bằng cách mạ phun theo chiều sâu vào lớp mạ từ bề mặt ngoài cùng ở các điều kiện nhất định bằng cách sử dụng một quang phổ kế phát xạ quang học phóng điện phát sáng (SPECTRUMA ANALYTIK GmbH; GDA750). Mẫu đã thử nghiệm tiếp đó được đo mức độ không đồng đều bề mặt để xác định độ sâu mạ phun. Từ thử nghiệm sơ bộ, tốc độ mạ phun bằng 0,073 μm /giây được thiết lập đối với các điều kiện mạ phun GDS này. Từng vật liệu thử nghiệm được phân tích bằng kỹ thuật GDS từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng ở những điều kiện mạ phun GDS nêu trên. Tỷ số I_{MAX}/I_0 tiếp đó được xác định từ các đồ thị nồng độ nguyên tố theo chiều sâu được thể hiện trên Fig.1 và Fig.2, trong đó I_{MAX} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 tới 1,0 μm , và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ 1,0 tới 5,0 μm .

Độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt

Tiết diện ngang song song với hướng chiều dày của vật liệu thử nghiệm được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM), và độ dày trung bình của lớp

hợp kim nhôm và sắt nằm xen giữa thép nền của tấm thép nền và lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được xác định. Từng vật liệu thử nghiệm được đo trên khoảng cách lớn hơn hoặc bằng 200 μm theo hướng vuông góc với hướng chiều dày.

Khả năng dễ gia công uốn

Chi tiết thử nghiệm uốn, có kích thước 10 mm theo chiều rộng so với chiều dài vuông góc với hướng cán được thu thập từ vật liệu thử nghiệm, và được đưa vào thử nghiệm uốn $2t$ (t là độ dày của tấm thép) với góc uốn bằng 180° theo phương pháp khối V theo tiêu chuẩn JIS Z2248:2006. Ở đây, trục uốn kéo dài theo cùng hướng với hướng cán. Bề mặt lớp mạ ở mặt ngoài của phần uốn được quan sát sau thử nghiệm, và số lượng của các vết nứt trên bề mặt lớp mạ được quan sát trên toàn bộ độ rộng 10 mm của chi tiết thử nghiệm được xác định. Tiến hành việc đánh giá theo các tiêu chuẩn sau, và mẫu được xem là vượt qua thử nghiệm khi được ghi là $\circ$ hoặc tốt hơn.

$\odot$: Không có vết nứt

$\circ$: có từ 1 tới 2 vết nứt

Δ : có từ 3 tới 6 vết nứt

$\times$: có nhiều hơn 7 vết nứt

Thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ

Fig.3 là hình vẽ dạng sơ đồ thể hiện mối tương quan vị trí giữa các khuôn và vật liệu thử nghiệm (tấm thép mạ) được sử dụng trong thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ. Từng vật liệu thử nghiệm được đưa vào thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ ở các điều kiện sau.

Khuôn tiếp xúc: SKD 11

Khuôn đực: độ cao khuôn gờ = 4 mm, đầu khuôn gờ $R = 0,5$ mm

Khuôn cái: phần vai $R = 2$ mm

Tốc độ kéo: 100 mm/phút

Tải trọng ép: 1 kN

Độ rộng chi tiết thử nghiệm: 30 mm

Bề mặt khuôn được đánh bóng bằng giấy ráp (cỡ hạt: P1000 (JIS R6010)), và được rửa bằng axeton cho từng phép đo.

Lực kéo tác động trong thử nghiệm được đo nhờ một cảm biến tải, và trị số lớn nhất của lực kéo đo được được sử dụng làm lực kéo (kN) của vật liệu thử nghiệm. Bề mặt lớp mạ được quan sát đối với sự có mặt của trạng thái mòn do ma sát bất kỳ sau thử nghiệm. Đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau, và mẫu được xem là vượt qua thử nghiệm khi được ghi là ○.

○ : Không có mòn do ma sát

△ : Hơi mòn do ma sát được quan sát thấy trong bề mặt bên trên thép nền của tấm thép nền

× : Mòn do ma sát được quan sát thấy trong thép nền của tấm thép nền

Khả năng dễ gia công dập

Từng vật liệu thử nghiệm được vuốt thúc rỗng ở các điều kiện sau.

Tỷ số kéo: 2,0

Đường kính phôi: 80 mm

Khuôn: đường kính = 42 mm, R = 5 mm

Đầu đột: đường kính = 40 mm, R = 5 mm

Lớp mạ ở mặt ngoài của phần thành thẳng đứng của chi tiết vuốt thúc rỗng được quan sát trạng thái bong, và khả năng dễ gia công dập được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau. Mẫu được xem là vượt qua thử nghiệm khi được ghi là ○.

○: Không có trạng thái bong ở lớp mạ

×: Trạng thái bong được quan sát thấy ở lớp mạ

Đặc tính chống ăn mòn của lớp mạ

Lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng của từng vật liệu thử nghiệm được đưa vào thử nghiệm phun muối trung tính (thử nghiệm SST) theo phương pháp theo tiêu chuẩn JIS Z2371:2000 mà không có xử lý thêm bất kỳ, và được đo phần trăm diện tích của vùng gỉ trắng. Đặc tính chống ăn mòn của lớp mạ được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau, và mẫu được xem là vượt qua thử nghiệm khi được ghi là ○:

○: Phần trăm diện tích của vùng gỉ trắng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn 20%

△: Phần trăm diện tích của vùng gỉ trắng lớn hơn hoặc bằng 20% và nhỏ hơn 50%

×: Phần trăm diện tích của vùng gỉ trắng lớn hơn hoặc bằng 50%

Các kết quả được thể hiện trên Bảng 2.

Bảng 2

Phân loại	Số	Lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng			Độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt (μm)	Khả năng dễ gia công uốn	Thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ		Khả năng dễ gia công dập	Đặc tính chống ăn mòn của lớp mạ
		Các hàm lượng Si và B (% theo trọng lượng)		Phân bố B I _{MAX} /I ₀			Đặc tính chống mòn do ma sát	Lực kéo (kN)		
		Si	B							
Các ví dụ theo sáng chế	1	1,0	0,03	6,5	7,3	☉	○	3,1	○	○
	2	12,0	0,03	6,5	2,0	○	○	2,5	○	○
	3	9,2	0,002	2,0	2,7	○	○	2,8	○	○
	4	9,5	0,015	4,0	2,5	○	○	2,9	○	○
	5	9,0	0,022	4,1	3,0	○	○	2,9	○	○
	6	8,9	0,03	6,0	3,1	○	○	2,9	○	○
	7	9,1	0,05	6,5	3,0	○	○	3,0	○	○
	8	9,0	0,08	6,7	3,1	○	○	3,0	○	○
	9	2,8	0,02	4,0	4,5	☉	○	3,0	○	○
	10	2,5	0,02	4,2	4,9	☉	○	3,0	○	○
	11	1,5	0,02	4,3	6,8	☉	○	3,1	○	○
	12	1,0	0,02	6,6	7,2	☉	○	3,2	○	○
Ví dụ so sánh	21	0	0	-	10,0	☉	×	4,8	×	○
	22	1,0	0	-	7,3	☉	×	4,3	○	○
	23	12,0	0	-	2,0	○	×	4,0	○	○
	24	9,2	0,001	1,8	2,9	○	×	4,0	○	○
	25	9,0	0,10	6,8	3,0	○	○	2,8	○	×
	26	0	0,12	6,8	10,0	☉	×	3,0	×	×
	27	0,5	0,08	6,7	8,6	☉	○	3,3	×	○
	28	14,0	0,025	4,1	2,0	×	○	3,0	○	○

Các mẫu của các ví dụ theo sáng chế trong đó B được làm giàu trong phần bề mặt của lớp mạ có tỉ số cường độ phát hiện $B I_{MAX}/I_0$ ở mức cao liên quan tới các lực kéo thấp trong thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ, và đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ đáp ứng yêu cầu. Khả năng dễ gia công uốn, khả năng dễ gia công dập, và đặc tính chống ăn mòn của lớp mạ cũng được duy trì theo yêu cầu. Khả năng dễ gia công uốn là đặc biệt đáp ứng yêu cầu trong các mẫu chứa Si với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng tới nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng trong lớp mạ hợp kim nhôm.

Mặt khác, đặc tính chống mòn do ma sát ở mức kém trong các Ví dụ so sánh số 21 tới 23 trong đó lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được thực hiện mà không bổ sung B. Trong mẫu số 24, hàm lượng B trong lớp mạ là không đủ, và nồng độ B trong phần bề mặt của lớp mạ ở mức nhỏ, vì thế không tạo ra hiệu quả cải thiện đặc tính chống mòn do ma sát của lớp mạ. Đặc tính chống ăn mòn ở mức kém trong các mẫu số 25 và 26 vì hàm lượng B quá cao trong lớp mạ. Trong các mẫu số 21, 26, và 27, hàm lượng Si trong lớp mạ là không đủ, và độ dày của lớp hợp kim nhôm và sắt gia tăng. Khả năng biến dạng đập vì thế ở mức kém. Trong mẫu số 26, lớp mạ bị bong do lớp hợp kim nhôm và sắt bị vỡ trong thử nghiệm kéo dùng khuôn gờ. Trong mẫu số 28, lớp mạ hóa cứng vì hàm lượng Si đặc biệt cao trong lớp mạ, và khả năng dễ gia công uốn ở mức kém.

Yêu cầu bảo hộ

1. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính để gia công có lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng với thành phần chứa Si với lượng từ 1,0 tới 12,0% theo trọng lượng và B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng và được tạo ra trên bề mặt của tấm thép nền, lớp mạ này có tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 khi được đo bằng kỹ thuật phân tích độ sâu GDS (phép trắc phổ phát xạ quang học phóng điện phát sáng) từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ, trong đó I_{MAX} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 tới 1,0 μm , và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ 1,0 tới 5,0 μm .
2. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo điểm 1, trong đó thành phần của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng bao gồm Si với lượng từ 1,0 tới 12,0% theo trọng lượng, B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng, Fe với lượng từ 0,05 tới 3,0% theo trọng lượng, Sr với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Na với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Ca với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Sb với lượng từ 0 tới 0,6% theo trọng lượng, P với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Mg với lượng từ 0 tới 5,0% theo trọng lượng, Cr với lượng từ 0 tới 1,0% theo trọng lượng, Mn với lượng từ 0 tới 2,0% theo trọng lượng, Ti với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, Zr với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, V với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, và phần còn lại là Al và các tạp chất không tránh được.
3. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng có đặc tính để gia công có lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng với thành phần chứa Si với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng tới nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng và B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng và được tạo ra trên bề mặt của tấm thép nền, lớp mạ này có tỷ số I_{MAX}/I_0 lớn hơn hoặc bằng 2,0 khi được đo bằng kỹ thuật phân tích độ sâu GDS (phép trắc phổ phát xạ quang học phóng điện phát sáng) từ bề mặt ngoài cùng theo chiều sâu vào lớp mạ, trong đó I_{MAX} là cường độ phát hiện lớn nhất của B ở các vùng với độ sâu mạ phun từ 0 tới 1,0 μm , và I_0 là cường độ phát hiện trung bình của B trong phạm vi độ sâu mạ phun từ 1,0 tới 5,0 μm .

4. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo điểm 3, trong đó thành phần của lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng bao gồm Si với lượng từ lớn hơn hoặc bằng 1,0% theo trọng lượng tới nhỏ hơn 3,0% theo trọng lượng, B với lượng từ 0,002 tới 0,080% theo trọng lượng, Fe với lượng từ 0,05 tới 3,0% theo trọng lượng, Sr với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Na với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Ca với lượng từ 0 tới 0,1% theo trọng lượng, Sb với lượng từ 0 tới 0,6% theo trọng lượng, P với lượng từ 0 tới 0,2% theo trọng lượng, Mg với lượng từ 0 tới 5,0% theo trọng lượng, Cr với lượng từ 0 tới 1,0% theo trọng lượng, Mn với lượng từ 0 tới 2,0% theo trọng lượng, Ti với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, Zr với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, V với lượng từ 0 tới 0,5% theo trọng lượng, và phần còn lại là Al và các tạp chất không tránh được.

5. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 4, trong đó độ dày trung bình của lớp hợp kim nhôm và sắt nằm xen giữa thép nền của tấm thép nền và lớp mạ hợp kim nhôm nhúng nóng nhỏ hơn hoặc bằng 8,0 μm .

6. Tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 tới 5, trong đó tấm thép mạ hợp kim nhôm nhúng nóng được dùng trong quy trình có công đoạn trượt lớp mạ trên một khuôn.

Fig.1

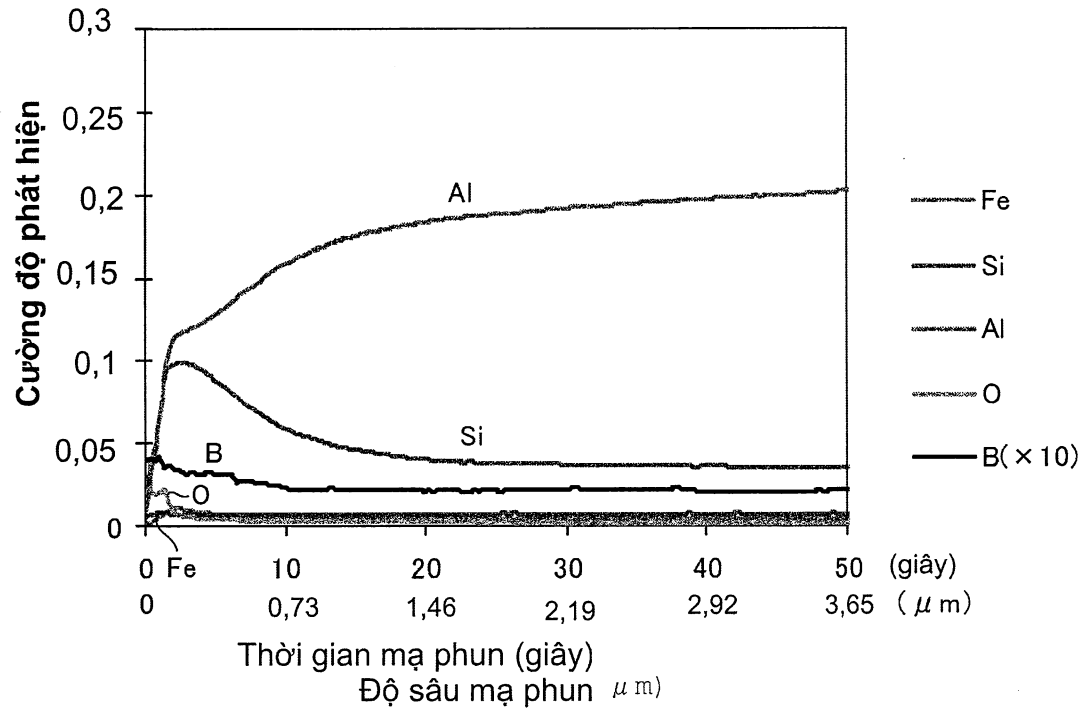


Fig.2

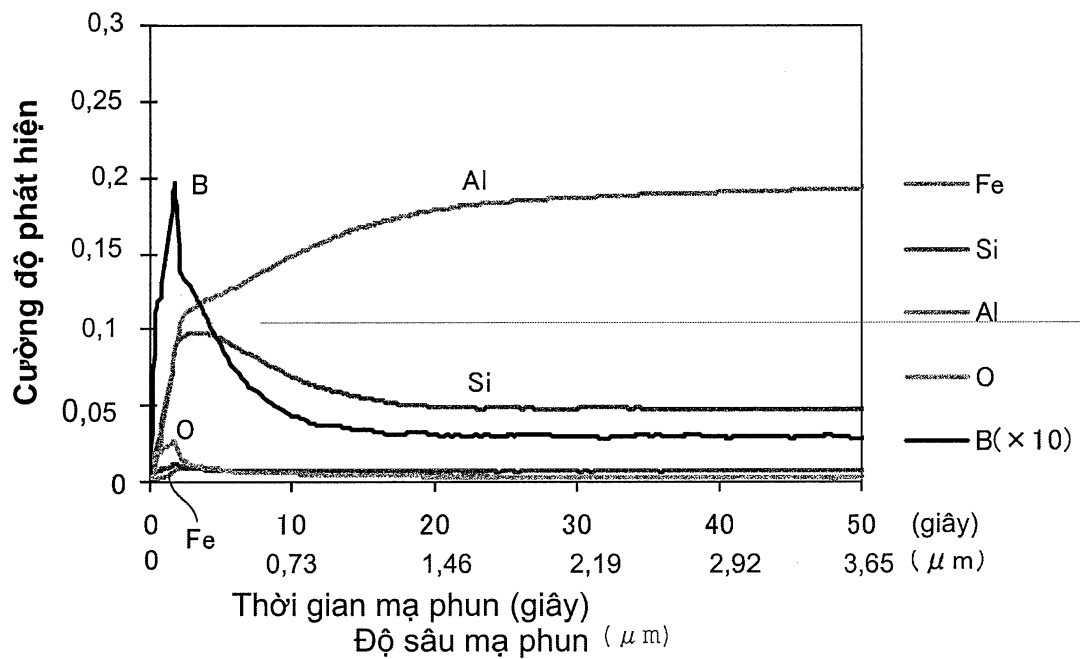


Fig.3

