



(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)



1-0029909

(51)^{2020.01} C23C 2/06; C22C 21/10; C23C 2/28;
C23C 2/12; C22C 18/04; C22C 30/06

(13) B

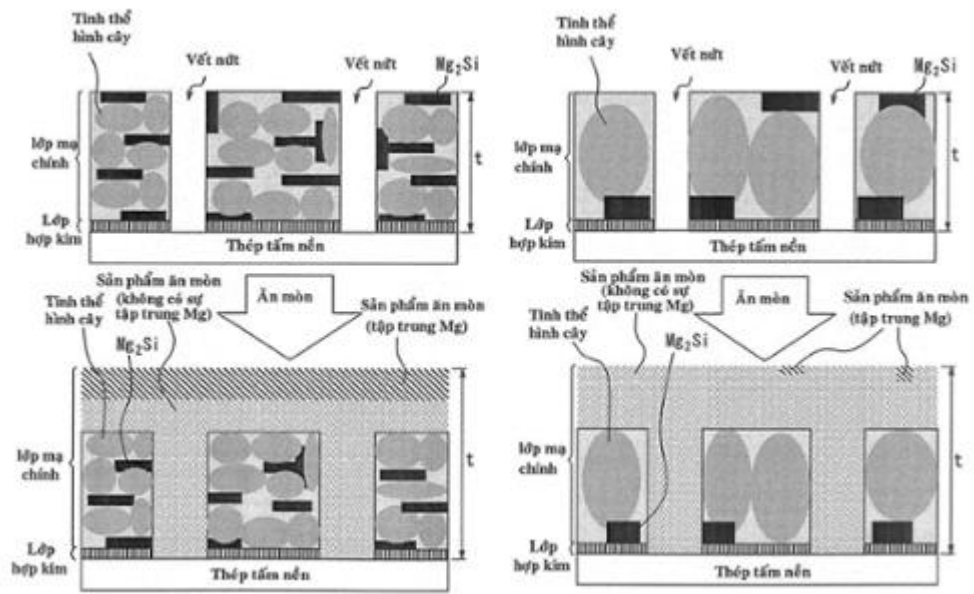
- (21) 1-2017-03457 (22) 02/03/2016
(86) PCT/JP2016/057255 02/03/2016 (87) WO2016/140370 09/09/2016
(30) 2015-040643 02/03/2015 JP
(45) 25/10/2021 403 (43) 27/11/2017 356A
(73) 1. JFE GALVANIZING & COATING CO., LTD. (JP)
11-2, Osaki 1-chome, Shinagawa-ku, Tokyo 1410032 Japan
2. JFE STEEL CORPORATION (JP)
2-3, Uchisaiwai-cho 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1000011 Japan
(72) OOI, Toshihiko (JP); SATO, Yohei (JP); TOBIYAMA, Yoichi (JP); OKUMA,
Toshiyuki (JP); FURUTA, Akihiko (JP); YOSHIDA, Masahiro (JP); SUZUKI,
Yoshitsugu (JP); ANDO, Satoru (JP); MATSUZAKI, Akira (JP).
(74) Công ty TNHH Sáng chế ACTIP (ACTIP PATENT LIMITED)

(54) TẤM THÉP MẠ AL-ZN-MG-SI NHÚNG NÓNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN
XUẤT TẤM THÉP MẠ NÀY

(57) Sáng chế đề xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và các phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt ở phần chịu tác động. Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bao gồm tấm thép nền và lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt của tấm thép nền. Lớp mạ nhúng nóng bao gồm lớp hợp kim phân giới tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền và lớp mạ chính nằm trên lớp hợp kim phân giới, và chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg. Hàm lượng Mg và hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$M_{Mg}/(M_{Si} - 0,6) > 1,7 \quad (1)$$

trong đó M_{Mg} là hàm lượng Mg (% khối lượng) và M_{Si} là hàm lượng Si (% khối lượng). Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất tấm thép mạ này.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt ở các phần chịu tác động, và phương pháp sản xuất tấm thép mạ này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng vừa có hiệu quả bảo vệ bằng cách hy sinh anot của kẽm (Zn) vừa có khả năng chống ăn mòn cao của nhôm (Al), và do đó được xếp hạng cao khi phân loại về mặt hiệu quả chống ăn mòn trong số các loại tấm thép mạ kẽm nhúng nóng. Ví dụ, tài liệu patent 1 (patent Nhật Bản số JP S46-7161 B) bộc lộ tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng trong đó lớp mạ nhúng nóng chứa từ 25% khối lượng đến 75% khối lượng Al. Do khả năng chống ăn mòn rất tốt của chúng, các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng là các đối tượng có nhu cầu tăng mạnh trong các năm gần đây, cụ thể trong lĩnh vực vật liệu xây dựng dùng để làm mái, tường vách và loại tương tự mà cần tiếp xúc lâu dài với môi trường ngoài trời, và lĩnh vực xây dựng dân dụng dùng làm lan can, dây điện, đường ống, tường cách âm và tương tự.

Lớp mạ nhúng nóng của tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng bao gồm lớp mạ chính và lớp hợp kim có trong bề mặt tiếp xúc của lớp mạ chính và tấm thép nền. Lớp mạ chính chủ yếu gồm có các vùng có chứa Zn ở trạng thái quá bão hòa và Al được hóa rắn nhờ sự hóa rắn dạng cây (các vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al), và các vùng trung gian giữa các tinh thể hình cây, và có kết cấu với pha α -Al được xếp chồng thành nhiều lớp theo phương chiều dày của lớp mạ nhúng nóng. Do các đặc điểm này của kết cấu lớp mạ nhúng nóng, con đường ăn mòn từ bề mặt trở nên phức tạp, làm nó khó bị ăn mòn đến tấm thép nền bên trong. Do đó, tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng có thể đạt được khả năng chống ăn mòn tốt hơn so với tấm thép mạ kẽm nhúng nóng có cùng độ dày lớp mạ nhúng nóng.

Việc bổ sung thêm Mg trong lớp mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng là công nghệ đã biết để cải thiện hơn nữa khả năng chống ăn mòn.

Theo một ví dụ về công nghệ liên quan đến tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng

nóng chứa Mg (tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng), tài liệu patent 2 (patent Nhật Bản số JP 5020228 B) bộc lộ tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si trong đó lớp phủ nhúng nóng có hợp kim Al-Zn-Si chứa Mg. Hợp kim Al-Zn-Si chứa từ 45% trọng lượng đến 60% trọng lượng nhôm, từ 37% trọng lượng đến 46% trọng lượng kẽm, và từ 1,2% trọng lượng đến 2,3% trọng lượng silic, và có nồng độ Mg từ 1% trọng lượng đến 5% trọng lượng.

Ngoài ra, tài liệu patent 3 (patent Nhật Bản số JP 5000039 B) bộc lộ vật liệu thép được xử lý bề mặt có lớp phủ hợp kim Al chứa, tính theo % khối lượng, từ 2% đến 10% Mg, từ 0,01% đến 10% Ca, và từ 3% đến 15% Si, một lượng Al cân bằng và các tạp chất cho phép, và có tỷ lệ khối lượng Mg/Si trong phạm vi cụ thể.

Đồng thời, các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng được sử dụng trong lĩnh vực sản xuất ô tô. Cụ thể là, khi được sử dụng để làm các tấm ốp ngoài, tấm thép mạ phải trải qua quá trình mạ liên tục (continuous galvanizing line: CGL) trong bể nhúng nóng đến khi quá trình mạ hoàn tất, do đó sau khi được tạo hình thành dạng tấm, tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng được xử lý chuyển hóa hóa học, và tiếp tục được sơn điện ly, sơn lót, và sơn phủ, là quy trình sơn thông thường trong sản xuất ô tô. Tuy nhiên, khi lớp sơn phủ trên bề mặt tấm ốp ngoài bằng tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng bị xước, vết xước đó đóng vai trò là điểm bắt đầu của sự ăn mòn có chọn lọc của các vùng trung gian giữa các tinh thể ở lớp tiếp xúc giữa lớp sơn phủ và lớp mạ nhúng nóng chứa một lượng lớn Zn. Kết quả là, có các trường hợp trong đó xảy ra hiện tượng phồng rộp lớp sơn phủ lớn hơn đáng kể so với việc mạ kẽm nhúng nóng và do đó không thể đảm bảo trong khả năng chống ăn mòn đầy đủ (khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ). Ngược lại, ví dụ, tài liệu patent 4 (công bố đơn patent Nhật Bản số JP 2002-12959 A) bộc lộ tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng trong đó sự hình thành rỉ sét màu đỏ từ các bề mặt mép của tấm thép được khắc phục bằng cách bổ sung Mg, Sn, hoặc chất tương tự vào hỗn hợp mạ nhúng nóng để hợp chất Mg chẳng hạn như Mg_2Si , $MgZn_2$, Mg_2Sn , hoặc tương tự được tạo ra trong lớp mạ nhúng nóng.

Tài liệu patent

Tài liệu patent 1: patent Nhật Bản số JP S46-7161 B

Tài liệu patent 2: patent Nhật Bản số JP 5020228 B

Tài liệu patent 3: patent Nhật Bản số JP 5000039 B

Tài liệu patent 4: Công bố đơn patent Nhật Bản số JP 2002-12959 A

Như được đề cập ở trên, do khả năng chống ăn mòn rất tốt của chúng, tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng thường được sử dụng trong lĩnh vực vật liệu xây dựng để dùng làm mái, vách và cấu kiện tương tự mà cần tiếp xúc lâu dài với môi trường ngoài trời. Do đó, có nhu cầu cải tiến các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng với khả năng chống ăn mòn tốt hơn để tăng tuổi thọ sản phẩm để đáp ứng yêu cầu hiện nay về vấn đề bảo tồn tài nguyên và sử dụng năng lượng hiệu quả.

Ngoài ra, trong các loại tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng được bộc lộ trong các tài liệu patent 2 và tài liệu patent 3, lớp mạ nhúng nóng có lớp mạ chính cứng và do đó có xu hướng bị nứt khi gia công bằng cách uốn cong. Việc nứt khi gia công như thế dẫn đến làm giảm khả năng chống ăn mòn trong các phần chịu tác động (khả năng chống ăn mòn ở các phần chịu tác động). Do đó, có nhu cầu cải thiện khả năng chống ăn mòn ở các phần chịu tác động. Ngoài ra, cần lưu ý rằng mặc dù vấn đề tính dễ uốn bị giảm xuống do bổ sung Mg được khắc phục trong tài liệu patent 2 nhờ có kích thước tinh thể kẽm “nhỏ”, trên thực tế, để đạt được hiệu quả này, theo tài liệu patent 2, cần phải có TiB trong lớp mạ nhúng nóng, và do đó tài liệu patent 2 không được coi là bộc lộ giải pháp căn bản để giải quyết vấn đề nêu trên.

Hơn nữa, ngay cả khi tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng được bộc lộ trong tài liệu patent 4 phải trải qua quá trình sơn phủ sau đó, vấn đề liên quan đến khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ không được giải quyết, và do đó ở một số ứng dụng đối với các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng, vẫn cần cải thiện hơn nữa khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ.

Khi xem xét các vấn đề còn tồn tại nêu trên, mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và các phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt tại phần chịu tác động, và đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng này.

Từ kết quả của các nghiên cứu sâu rộng được thực hiện với mục đích giải quyết các vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng trong quá trình ăn mòn tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng, Mg_2Si có mặt tại các vùng trung gian giữa các tinh thể của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng hòa tan trong giai đoạn ăn mòn ban đầu, và Mg tập trung tại bề mặt của sản phẩm ăn mòn để làm tăng khả năng chống ăn

mòn, tuy nhiên do Si pha đơn có trong lớp mạ chính đóng vai trò là catot dẫn đến hòa tan lớp mạ nhúng nóng xung quanh, do đó các tác giả sáng chế tập trung vào nhiệm vụ loại bỏ Si pha đơn. Ngoài ra, các tác giả sáng chế còn tiến hành các nghiên cứu sâu rộng và phát hiện rằng khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động có thể được cải thiện đáng kể bằng cách xác định hàm lượng của các thành phần Al, Mg, và Si có trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng và kiểm soát hàm lượng Mg và Si trong lớp mạ nhúng nóng ở phạm vi cụ thể để cho phép phân bố mịn và đồng đều Mg_2Si trong các vùng trung gian giữa các tinh thể của lớp mạ chính. Các tác giả sáng chế cũng phát hiện ra rằng sự phân tán mịn và đồng đều Mg_2Si trong lớp mạ chính có thể hạn chế sự tạo thành Si pha đơn trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng, và nhờ đó cũng cải thiện khả năng chống ăn mòn của các phần phẳng và phần mép của tấm thép.

Bên cạnh đó, các tác giả sáng chế cũng phát hiện rằng bằng cách kiểm soát hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng đến phạm vi cụ thể, có thể đạt được khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ rất tốt.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Như vậy, sáng chế được thực hiện dựa trên các nghiên cứu và phát hiện nêu trên và các đặc điểm chính của chúng được mô tả dưới đây.

(1) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bao gồm:

tấm thép nền và lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt của tấm thép nền, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng bao gồm lớp hợp kim phân giới nằm tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền và lớp mạ chính nằm trên lớp hợp kim phân giới, và chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, và

hàm lượng Mg và hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$M_{Mg}/(M_{Si} - 0,6) > 1,7 \quad (1)$$

trong đó M_{Mg} là hàm lượng Mg tính theo % khối lượng và M_{Si} là hàm lượng Si tính theo % khối lượng.

(2) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục (1) nêu trên, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính là 1,0% khối lượng hoặc nhiều hơn.

(3) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục (1) nêu trên, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và tỷ lệ diện tích của Mg_2Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính là 1% hoặc cao hơn,

(4) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục (1) nêu trên, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và theo phân tích nhiễu xạ tia X, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ trên các mặt tinh thể Mg_2Si (111) có khoảng cách giữa các mặt tinh thể d là 0,367 nm so với các mặt tinh thể Al (200) có khoảng cách giữa các mặt tinh thể d là 0,202 nm là 0,01 hoặc lớn hơn.

(5) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) nêu trên, trong đó:

lớp hợp kim phân giới có độ dày là 1 μm hoặc nhỏ hơn.

(6) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) nêu trên, trong đó:

lớp mạ chính bao gồm vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al, và đường kính tinh thể hình cây của vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al và độ dày của lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (2) dưới đây:

$$t/d \geq 1,5 \quad (2)$$

trong đó t là độ dày của lớp mạ nhúng nóng tính theo μm và d là đường kính tinh thể hình cây trung bình tính theo μm .

(7) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6) nêu trên, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 2,3% khối lượng đến 5% khối lượng Si, và từ 3% khối lượng đến 10% khối lượng Mg.

(8) Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (6) nêu trên, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất

0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 5% khối lượng đến 10% khối lượng Mg.

(9) Phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng, bao gồm:

thực hiện mạ nhúng nóng cho tấm thép nền bằng cách nhúng tấm thép nền trong bể kim loại nóng chảy chứa gồm có từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, lượng Zn cân bằng và các tạp chất cho phép,

sau đó để nguội tấm thép nền đã được mạ nhúng nóng thu được đến nhiệt độ nguội thứ nhất ở tốc độ nguội trung bình là thấp hơn $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, nhiệt độ nguội thứ nhất không cao hơn nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy và không thấp hơn 50°C dưới nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy, và

sau đó để nguội tấm thép đã mạ nhúng nóng từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C ở tốc độ nguội trung bình là $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhanh hơn.

Hiệu quả đạt được của sáng chế

Theo sáng chế, có thể đề xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt ở phần chịu tác động, và đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Trong các hình vẽ kèm theo:

Fig.1A minh họa các trạng thái trước và sau khi bị ăn mòn của phần chịu tác động của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, và Fig.1B minh họa các trạng thái trước và sau khi bị ăn mòn của phần chịu tác động của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng thông thường;

Fig.2 minh họa bằng hình ảnh phổ tán xạ năng lượng tia X được chụp bằng kính hiển vi quét điện tử (SEM-EDX), trạng thái của các nguyên tố khác nhau trong trường hợp trong đó phần chịu tác động của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế bị ăn mòn;

Fig.3 minh họa, bằng hình ảnh SEM-EDX, trạng thái của các nguyên tử khác nhau

trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng thông thường;

Fig.4 minh họa phương pháp đo đường kính tinh thể hình cây;

Fig.5 minh họa mối quan hệ giữa hàm lượng Si và hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng và trạng thái của các pha được tạo ra trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng;

Fig.6 minh họa quy trình thử nghiệm ăn mòn theo chu trình của tổ chức tiêu chuẩn ô tô Nhật Bản (Japan Automotive Standards Organization Cyclic Corrosion Test (JASO-CCT));

Fig.7 minh họa mẫu dùng để đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ; và

Fig.8 minh họa chu trình thử nghiệm ăn mòn gia tốc (SAE J 2334).

Mô tả chi tiết sáng chế

Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng

Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế bao gồm tấm thép nền và lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt của tấm thép nền. Lớp mạ nhúng nóng bao gồm lớp hợp kim phân giới tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền, và lớp mạ chính nằm trên lớp hợp kim phân giới. Lớp mạ nhúng nóng có thành phần chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, lượng Zn cân bằng và các tạp chất cho phép.

Hàm lượng Al trong lớp mạ nhúng nóng được thiết lập là từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng, và tốt nhất là từ 35% khối lượng đến 65% khối lượng theo quan điểm cân bằng khả năng chống ăn mòn với các yêu cầu hoạt động thực tế. Khi lượng Al trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng là 25% khối lượng hoặc lớn hơn, sự hóa rắn tạo tinh thể hình cây của Al sẽ xảy ra. Điều này đảm bảo kết cấu có khả năng chống ăn mòn rất tốt trong đó lớp mạ chính chủ yếu gồm có các vùng trong đó Zn ở trạng thái quá bão hòa và Al được hóa rắn nhờ sự hóa rắn tạo tinh thể hình cây (các vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al) và các vùng trung gian còn lại giữa các tinh thể trong đó các vùng tinh thể hình cây được xếp chồng lên nhau theo chiều độ dày của lớp mạ nhúng nóng. Khả năng chống ăn mòn được cải thiện khi số lượng các vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al tăng lên do con đường ăn mòn có thể trở nên phức tạp hơn, làm nó trở nên khó ăn mòn đến tấm thép nền. Để đạt được khả năng chống ăn mòn cao đáng kể, hàm lượng Al

của lớp mạ chính tốt hơn là bằng 35% khối lượng hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Al của lớp mạ chính lớn hơn 80% khối lượng, tỷ lệ lượng Zn có khả năng bảo vệ chống ăn mòn nhờ hy sinh anot đối với Fe bị giảm, và khả năng chống ăn mòn bị giảm xuống. Theo đó, hàm lượng Al của lớp mạ chính được thiết lập là 80% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Ngoài ra, khi hàm lượng Al của lớp mạ chính là 65% khối lượng hoặc nhỏ hơn, khả năng bảo vệ chống ăn mòn nhờ hy sinh anot đối với Fe được đảm bảo và đạt được khả năng chống ăn mòn thích hợp ngay cả nếu trọng lượng lớp mạ nhúng nóng giảm xuống và thép nền dễ lộ ra ngoài hơn. Theo đó, hàm lượng Al của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng tốt nhất là bằng 65% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Si ức chế sự phát triển của lớp hợp kim phân giới được tạo ra tại mặt tiếp xúc với tấm thép nền và được bổ sung vào bể kim loại nóng chảy để cải thiện khả năng chống ăn mòn và khả năng làm việc. Do đó, Si chắc chắn có trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng. Cụ thể, khi việc xử lý mạ nhúng nóng trong bể kim loại nóng chảy chứa Si trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si, phản ứng hợp kim hóa diễn ra giữa Fe trên bề mặt của tấm thép nền với Al hoặc Si trong bể khi nhúng tấm thép vào bể kim loại nóng chảy, nhờ đó phức chất Fe-Al và/hoặc phức chất Fe-Al-Si được tạo ra. Sự tạo ra lớp hợp kim phân giới Fe-Al-Si này ức chế sự phát triển của lớp hợp kim phân giới. Hàm lượng Si lớn hơn 0,6% khối lượng trong lớp mạ nhúng nóng cho phép ức chế sự phát triển của lớp hợp kim phân giới ở mức hợp lý. Mặt khác, nếu hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng là lớn hơn 15% khối lượng, điều này có thể cung cấp đường lan truyền vết nứt trong lớp mạ nhúng nóng, làm giảm khả năng làm việc và tạo điều kiện cho việc kết tủa của pha Si mà sau đó sẽ đóng vai trò như một vị trí catot. Mặc dù sự kết tủa pha Si có thể được ức chế bằng cách tăng hàm lượng Mg, phương pháp này làm cho chi phí sản xuất tăng lên và làm phức tạp hóa việc kiểm soát thành phần của bể kim loại nóng chảy. Theo đó, hàm lượng Si có trong lớp mạ nhúng nóng được thiết lập là 15% khối lượng hoặc nhỏ hơn. Từ quan điểm đạt được hiệu quả ức chế sự phát triển lớp hợp kim phân giới và kết tủa pha Si ở mức độ cao, hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng thích hợp là từ ít nhất 2,3% khối lượng đến 5% khối lượng, và tốt hơn là từ ít nhất 2,3% khối lượng đến 3,5% khối lượng.

Lớp mạ nhúng nóng chứa từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg. Khi lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng bị ăn mòn, Mg được đưa vào trong các sản phẩm ăn mòn, làm tăng độ ổn định cho các sản phẩm ăn mòn và làm chậm quá trình ăn mòn,

dẫn đến có hiệu quả cải thiện khả năng chống ăn mòn. Cụ thể hơn, Mg trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng liên kết với Si được mô tả ở trên để tạo ra Mg_2Si . Khi tấm thép mạ nhúng nóng bị ăn mòn, Mg_2Si này hòa tan trong giai đoạn ăn mòn ban đầu, và do đó Mg có trong các sản phẩm ăn mòn. Mg tập trung tại bề mặt của các sản phẩm ăn mòn và có hiệu quả làm dày các sản phẩm ăn mòn để cải thiện độ ổn định của các sản phẩm ăn mòn và các đặc tính màng chắn chống lại các tác nhân bên ngoài gây ăn mòn.

Lý do của việc thiết lập hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng ở mức lớn hơn 0,1% khối lượng là vì Mg_2Si có thể được tạo ra và hiệu quả làm chậm ăn mòn có thể đạt được khi hàm lượng Mg là lớn hơn 0,1% khối lượng. Mặt khác, lý do để thiết lập hàm lượng Mg ở mức thấp hơn 25% khối lượng là vì khi hàm lượng Mg lớn hơn 25% khối lượng, bên cạnh tác dụng cải thiện khả năng chống ăn mòn đến mức bão hòa, thì chi phí sản xuất lại tăng lên và việc kiểm soát thành phần của bể kim loại nóng chảy lại trở nên phức tạp hơn. Do đó, từ quan điểm đạt được hiệu quả làm chậm ăn mòn tốt hơn trong khi cũng có thể giảm chi phí sản xuất, hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng thích hợp là từ 3% khối lượng đến 10% khối lượng, và tốt hơn là từ 4% khối lượng đến 6% khối lượng.

Ngoài ra, hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng ở mức 5% khối lượng hoặc lớn hơn có thể cải thiện khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ, đây cũng là một mục đích của sáng chế. Trong trường hợp tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng thông thường không chứa Mg, màng oxit dày và ổn định của Al_2O_3 tạo ra bề mặt ngoại biên của pha α -Al ngay sau khi lớp mạ nhúng nóng lộ ra ngoài không khí. Thông qua hoạt động bảo vệ của màng oxit này, độ tan của pha α -Al trở nên thấp hơn đáng kể so với pha giàu Zn trong các vùng trung gian giữa các tinh thể. Do đó, khi cào xước màng sơn phủ của tấm thép mạ thu được nhờ sử dụng tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng thông thường làm nền, vết xước đóng vai trò là điểm bắt đầu để ăn mòn có chọn lọc pha giàu Zn tại bề mặt tiếp xúc giữa màng sơn phủ và lớp mạ nhúng nóng, và sự ăn mòn này phát triển sâu vào trong phần mà màng sơn phủ không bị xước, gây ra sự phồng rộp màng sơn phủ lớn. Do đó, khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ kém đi. Mặt khác, trong trường hợp tấm thép mạ thu được nhờ sử dụng tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng chứa Mg làm nền, pha Mg_2Si kết tủa tại các vùng trung gian giữa các tinh thể hoặc phức chất Mg-Zn ($MgZn_2$, $Mg_{32}(Al, Zn)_{49}$, v.v.) hòa tan từ giai đoạn ăn mòn ban đầu và Mg được đưa vào trong các sản phẩm ăn mòn. Các sản phẩm ăn mòn có chứa Mg có độ ổn định cao,

sẽ ức chế sự ăn mòn từ giai đoạn ban đầu. Hơn nữa, điều này có thể ức chế sự phồng rộp màng sơn phủ ở phạm vi lớn gây ra bởi sự ăn mòn có chọn lọc của pha giàu Zn, vấn đề cần giải quyết trong trường hợp tấm thép mạ thu được nhờ sử dụng tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng thông thường làm tấm thép nền. Bởi vậy, tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng có lớp mạ nhúng nóng chứa Mg cho thấy khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ rất tốt. Khi hàm lượng Mg là 5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ có thể không được cải thiện vì lượng Mg hòa tan trong quá trình ăn mòn là nhỏ và do đó các sản phẩm ăn mòn ổn định như được mô tả ở trên không được tạo ra đầy đủ. Ngược lại, khi hàm lượng Mg là lớn hơn 10% khối lượng, không chỉ ảnh hưởng của nó đã đạt đến độ bão hòa, mà còn xảy ra sự ăn mòn mạnh đối với hợp chất Mg và độ tan tổng thể của lớp mạ nhúng nóng bị tăng lên quá mức. Kết quả là, phồng rộp với độ rộng lớn có thể xảy ra và có thể làm giảm giá trị đối với khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ ngay cả nếu các sản phẩm ăn mòn đã ổn định hóa vì tốc độ hòa tan của lớp mạ nhúng nóng tăng lên. Theo đó, hàm lượng Mg tốt nhất là nằm trong khoảng từ ít nhất 5% khối lượng đến 10% khối lượng để đảm bảo khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ rất tốt.

Trong tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, từ quan điểm sự phân bố Mg_2Si có chọn lọc trong các vùng trung gian giữa các tinh thể, việc giảm khả năng tạo ra Si pha đơn, và thậm chí đạt được khả năng chống ăn mòn tốt hơn ở phần chịu tác động, tốt nhất là hàm lượng Mg và hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (1) dưới đây:

$$M_{Mg}/(M_{Si} - 0,6) > 1,7 \quad (1)$$

trong đó M_{Mg} là hàm lượng Mg (% khối lượng) và M_{Si} là hàm lượng Si (% khối lượng).

Sự phân tán mịn và đồng đều của Mg_2Si có thể cải thiện đáng kể khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động vì Mg_2Si hòa tan từ từ với Zn qua bề mặt của lớp mạ nhúng nóng và toàn bộ bề mặt nứt của các vết nứt trong phần chịu tác động, một lượng lớn Mg được đưa vào trong các sản phẩm ăn mòn, và phần giàu Mg dày được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của các sản phẩm ăn mòn, nhờ đó ức chế sự phát triển của sự ăn mòn. Hơn nữa, sự phân tán mịn và đồng đều của Mg_2Si xuyên qua lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng mà không phải là phân tán không đồng đều cũng có thể cải thiện khả năng chống

ăn mòn của các phần phẳng và phần mép bằng cách hạn chế Si pha đơn đóng vai trò là điểm catot từ lớp mạ chính.

Ngược lại, theo kỹ thuật thông thường, như được mô tả làm ví dụ ở tài liệu patent 3, Mg_2Si có mặt dưới dạng khối có kích thước ít nhất bằng kích thước định trước (cụ thể là, khối có đường kính lớn là 10 μm hoặc cao hơn và tỷ lệ giữa đường kính bé với đường kính lớn là 0,4 hoặc cao hơn). Do đó, Mg_2Si có kích thước lớn và được phân bố không đồng đều, và do đó có tốc độ hòa tan cao hơn nhiều so với Zn trong giai đoạn ăn mòn ban đầu, dẫn đến Mg_2Si được ưu tiên hòa tan và giải phóng trước. Bởi vậy, Mg không được đưa vào các sản phẩm ăn mòn một cách hiệu quả, các phần giàu Mg tạo ra trên bề mặt các sản phẩm ăn mòn nhỏ và cục bộ, do đó không đạt được hiệu quả cải thiện khả năng chống ăn mòn như mong muốn.

Fig.5 minh họa mối quan hệ giữa hàm lượng Si và hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng và trạng thái của các pha được tạo ra trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng. Có thể thấy trên Fig.5 là trong phạm vi thành phần được bộc lộ (vùng được bao quanh bằng đường nét đứt trên Fig.5), Si pha đơn có thể chắc chắn được loại bỏ khỏi lớp mạ chính khi công thức (1) được thỏa mãn.

Lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng bao gồm các vùng tinh thể hình cây thuộc pha $\alpha-Al$. Đường kính tinh thể trung bình của các vùng tinh thể hình cây này và độ dày của lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (2) dưới đây:

$$t/d \geq 1,5 \quad (2)$$

trong đó t là độ dày của lớp mạ nhúng nóng (μm) và d là đường kính tinh thể trung bình (μm).

Khi công thức (2) được thỏa mãn, các cạnh của các vùng tinh thể hình cây thuộc pha $\alpha-Al$ có thể được giữ tương đối nhỏ (tức là, đường kính tinh thể trung bình có thể được giữ tương đối nhỏ), Mg_2Si có thể được phân bố hiệu quả trong các vùng trung gian giữa các tinh thể, và trạng thái có thể đạt được trong đó Mg_2Si được phân bố mịn và đồng đều trong suốt lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng mà không bị phân bố không đồng đều.

Fig.1A và Fig.1B lần lượt minh họa sơ lược sự thay đổi về trạng thái của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng trong quá trình ăn mòn phần chịu tác động trong trường

hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế và trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo công nghệ thông thường.

Như được minh họa trên Fig.1A, trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, các tinh thể hình cây tương đối nhỏ so với độ dày t của lớp mạ nhúng nóng, điều này tạo thuận lợi cho sự phân tán mịn và đồng đều Mg_2Si . Khi phần chịu tác động của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế bị ăn mòn (lưu ý rằng có các vết nứt trong phần chịu tác động), Mg_2Si có tại các bề mặt nứt của các vết nứt vào phần chịu tác động của lớp mạ nhúng nóng bị hòa tan, và Mg tập trung ở bề mặt của các sản phẩm ăn mòn.

Mặt khác, trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng thông thường, như được minh họa trên Fig.1B, các tinh thể hình cây tương đối lớn so với độ dày t của lớp mạ nhúng nóng, dẫn đến khó tạo sự phân tán mịn và đồng đều cho Mg_2Si . Khi phần chịu tác động của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bị ăn mòn, Mg_2Si có tại bề mặt nứt của các vết nứt vào trong phần chịu tác động bị hòa tan, và Mg tập trung dọc theo một số bề mặt của sản phẩm ăn mòn. Tuy nhiên, vì độ phân tán của Mg_2Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng thông thường kém hơn so với tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, vùng giàu Mg bao phủ bề mặt của các sản phẩm ăn mòn bị giảm đi. Điều này được hiểu là tạo thuận lợi cho việc tiếp tục ăn mòn trong phần chịu tác động, dẫn đến thiếu khả năng chống ăn mòn.

Fig.2 minh họa bằng hình ảnh phổ tán xạ năng lượng tia X sử dụng kính hiển vi quét điện tử (SEM-EDS), các trạng thái của các nguyên tố khác nhau khi phần chịu tác động bị ăn mòn trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế. Có thể thấy trên Fig.2 là khi phần chịu tác động bị ăn mòn trong tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, Mg tập trung tại bề mặt của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng (tham chiếu phần ảnh chụp đối với Mg trên Fig.2).

Fig.3 minh họa bằng hình ảnh SEM-EDS, các trạng thái của các nguyên tố khác nhau trong trường hợp tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng thông thường có lớp mạ nhúng nóng có thành phần tương tự sáng chế (Al: 55% khối lượng, Si: 1,6% khối lượng, Mg: 2,5% khối lượng), nhưng đường kính tinh thể trung bình của các vùng tinh thể hình cây trong lớp mạ chính và độ dày của lớp mạ nhúng nóng không thỏa mãn công thức (2) nêu trên. Theo quan sát, có thể thấy được một lượng nhỏ Si pha đơn kết tủa và do đó

suy ra khả năng chống ăn mòn bị giảm (tham chiếu phần ảnh chụp đối với Si trên Fig.3).

Thuật ngữ “đường kính tinh thể” là khoảng cách tâm giữa các nhánh kề nhau của tinh thể hình cây (khoảng cách nhánh tinh thể). Ở đây, đường kính tinh thể được đo theo phương pháp đo khoảng cách nhánh tinh thể thứ cấp (tham khảo hướng dẫn ở tài liệu “Japan Institute of Light Metals, Committee of Casting and Solidification; Journal of Japan Institute of Light Metals; Vol. 38; p 54; 1988”). Trong lớp mạ nhúng nóng của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, các vùng tinh thể hình cây của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng có mức độ định hướng cao và có một lượng lớn các vùng trong đó các nhánh được xếp thành hàng.

Cụ thể là, như được minh họa trên Fig.4, bề mặt của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng được đánh bóng và/hoặc khắc và được quan sát dưới độ phóng đại cao (ví dụ, quan sát dưới độ phóng đại x200 lần) sử dụng kính hiển vi quét điện tử (SEM), và ở trường quan sát được lựa chọn ngẫu nhiên, vùng tại đó có ít nhất ba nhánh tinh thể được xếp thành hàng được lựa chọn (ba tinh thể hình cây giữa các đường A và B được chọn trên Fig.4), và khoảng cách theo chiều sắp xếp của các nhánh (khoảng cách L trên Fig.4) được đo lại. Sau đó, khoảng cách đo được chia cho số nhánh tinh thể ($L/3$ trên Fig.4) để tính đường kính tinh thể. Đường kính tinh thể được đo tại ba hoặc nhiều vị trí trong một trường quan sát, và giá trị trung bình của các đường kính tinh thể thu được ở các vị trí này được tính toán để xác định đường kính tinh thể trung bình.

Ở tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, lớp mạ chính chứa Mg_2Si như được mô tả ở trên, và hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính tốt nhất là 1,0% khối lượng hoặc lớn hơn. Điều này cho phép phân tán mịn và đồng đều Mg_2Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng theo cách chắc chắn hơn sao cho có thể đạt được khả năng chống ăn mòn theo mong muốn.

Ở đây, hàm lượng Mg_2Si được đo, ví dụ, bằng cách hòa tan lớp mạ nhúng nóng của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si trong axit và sau đó đo lượng Si và Mg (tính theo g/m^2) bằng phương pháp phân tích quang phổ phát xạ plasma cảm ứng cao tần (high-frequency inductively coupled plasma emission spectroscopy: ICP). Sau đó lấy hàm lượng Si trừ đi hàm lượng hợp kim phân giới ($0,45 g/m^2$ trên 1 μm độ dày của lớp hợp kim phân giới), và hiệu số được nhân với 2,7 để chuyển thành hàm lượng Mg_2Si (g/m^2), sau đó được chia cho trọng lượng riêng của lớp mạ nhúng nóng (g/m^2) để tính phần trăm khối

lượng của Mg_2Si . Tuy nhiên, có thể sử dụng phương pháp phân tích bất kỳ miễn là có thể xác định được hàm lượng Mg_2Si .

Tỷ lệ diện tích của Mg_2Si trong lớp mạ chính khi quan sát mặt cắt ngang của lớp mạ chính tốt nhất là 1% hoặc lớn hơn. Điều này cho phép phân tán mịn và đồng đều Mg_2Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng một cách tin cậy hơn sao cho có thể đạt được khả năng chống ăn mòn như mong muốn.

Ở đây, tỷ lệ diện tích của Mg_2Si được xác định, ví dụ, bằng cách thực hiện dựng ảnh SEM-EDX đối với mặt cắt ngang của lớp mạ nhúng nóng của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si và sau đó sử dụng phương pháp phân tích hình ảnh để tính toán tỷ lệ diện tích (%) của các vùng phát hiện thấy Mg và Si chồng lên nhau (tức là, các vùng có mặt Mg_2Si) trong một trường quan sát. Tuy nhiên, có thể sử dụng phương pháp bất kỳ miễn là có thể xác định được tỷ lệ diện tích của các vùng có mặt Mg_2Si .

Hơn nữa, đối với Mg_2Si chứa trong lớp mạ chính, tốt nhất là theo phương pháp phân tích nhiễu xạ tia X, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ trên mặt tinh thể Mg_2Si (111) (khoảng cách giữa các mặt tinh thể $d = 0,367$ nm) tương đối so với cường độ nhiễu xạ trên mặt tinh thể Al (200) (khoảng cách giữa các mặt tinh thể $d = 0,202$ nm) là 0,01 hoặc cao hơn. Điều này cho phép phân tán mịn và đồng đều Mg_2Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng một cách tin cậy hơn sao cho có thể đạt được khả năng chống ăn mòn theo mong muốn.

Ở đây, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ được tính toán bằng cách thu hình ảnh nhiễu xạ tia X dưới các điều kiện, ví dụ, điện thế ống phát là 30 kV, cường độ ống phát 10 mA, ống điện cực Cu phát tia $K\alpha$ (bước sóng $\lambda = 0,154$ nm), và góc đo 2θ là từ 10° đến 90° , đo cường độ nhiễu xạ trên mặt tinh thể Al (200) (khoảng cách giữa các mặt tinh thể $d = 0,2024$ nm) và cường độ nhiễu xạ trên mặt tinh thể Mg_2Si (111) (khoảng cách giữa các mặt tinh thể $d = 0,367$ nm), và sau đó lấy giá trị cường độ thứ hai chia cho giá trị cường độ thứ nhất nêu trên. Tuy nhiên, không có giới hạn cụ thể được đặt đối với các điều kiện phân tích nhiễu xạ tia X.

Đối với các hạt Mg_2Si được phân tán mịn và đồng đều trong các vùng trung gian giữa các tinh thể, tỷ lệ đường kính bé của nó so với đường kính lớn thích hợp là 0,4 hoặc nhỏ hơn, và tốt hơn là 0,3 hoặc nhỏ hơn.

Theo các kỹ thuật thông thường, tỷ lệ đường kính bé tương đối so với đường kính

lớn của các hạt Mg_2Si là 0,4 hoặc cao hơn, ví dụ, như được mô tả ở tài liệu patent 3. Trong trường hợp này, vì Mg_2Si to và phân tán không đồng đều, tốc độ hòa tan của Mg_2Si trong giai đoạn ăn mòn ban đầu cao hơn nhiều so với Zn, và Mg_2Si được ưu tiên hòa tan và giải phóng, kết quả là, Mg không được đưa hiệu quả vào các sản phẩm ăn mòn, chỉ có một số ít các vùng giàu Mg được tạo ra trên bề mặt của các sản phẩm ăn mòn, và không đạt được hiệu quả cải thiện khả năng chống ăn mòn.

Mặt khác, việc thiết lập chênh lệch lớn giữa các đường kính lớn và đường kính bé (tỷ lệ co) trong các giải pháp kỹ thuật đã biết góp phần vào sự phân tán mịn và đồng đều của các hạt Mg_2Si tại bề mặt của lớp mạ nhúng nóng và tại các bề mặt nứt của vết nứt vào phần chịu tác động. Điều này có thể cải thiện đáng kể khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động bởi vì Mg_2Si hòa tan từ từ cùng với Zn trong quá trình ăn mòn, một lượng lớn Mg được đưa vào các sản phẩm ăn mòn, và vùng giàu Mg dày được tạo ra trên toàn bộ bề mặt của các sản phẩm ăn mòn, nhờ đó ức chế sự phát triển của ăn mòn.

Ở đây, “đường kính lớn” của Mg_2Si là đường kính lớn nhất của hạt Mg_2Si và “đường kính bé” của Mg_2Si là đường kính ngắn nhất của hạt Mg_2Si .

Từ quan điểm đạt được khả năng chống ăn mòn tốt hơn, lớp mạ nhúng nóng tốt nhất là còn chứa Ca. Trong trường hợp trong đó lớp mạ nhúng nóng còn chứa Ca, tổng hàm lượng Ca tốt nhất là từ 0,2% khối lượng đến 25% khối lượng. Khi tổng hàm lượng Ca nằm trong phạm vi nêu trên, có thể đạt được hiệu quả làm chậm ăn mòn thích hợp mà hiệu quả này không đạt đến mức bão hòa.

Hơn nữa, lớp mạ chính tốt nhất là còn chứa một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 10% khối lượng, vì, cũng tương tự Mg và Ca, chúng có thể cải thiện độ ổn định của các sản phẩm ăn mòn và có hiệu quả làm chậm quá trình ăn mòn.

Lớp hợp kim phân giới có tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền và, như được đề cập ở trên, là phức chất Fe-Al và/hoặc phức chất Fe-Al-Si được tạo ra một cách chắc chắn bởi phản ứng hợp kim hóa giữa Fe trong bề mặt của tấm thép nền và Al và/hoặc Si trong bể kim loại nóng chảy. Vì lớp hợp kim phân giới cứng và giòn, nó có thể đóng vai trò là điểm bắt đầu của nứt gãy trong quá trình gia công nếu nó phát triển dày hơn. Do đó, độ dày của lớp hợp kim phân giới tốt nhất là được giảm thiểu.

Lớp hợp kim phân giới và lớp mạ chính có thể được xác định bằng cách sử dụng

kính hiển vi quét điện tử hoặc tương tự để quan sát các mặt cắt ngang được đánh bóng và/hoặc khắc của lớp mạ nhúng nóng. Mặc dù có nhiều phương pháp khác nhau để đánh bóng và khắc lên mặt cắt ngang, không có giới hạn cụ thể về phương pháp được sử dụng miễn là phương pháp đó được sử dụng thông thường để quan sát mặt cắt ngang của lớp mạ nhúng nóng. Hơn nữa, liên quan đến các điều kiện quan sát sử dụng kính hiển vi quét điện tử, có thể quan sát rõ ràng lớp hợp kim và lớp mạ chính, ví dụ, trong hình ảnh điện tử tán xạ ngược ở độ khuếch đại x1.000 hoặc cao hơn, với điện thế gia tốc là 15 kV.

Sự có mặt hay không của Mg và một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Ca, Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B trong lớp mạ chính có thể được xác nhận bằng cách, ví dụ, thực hiện phân tích thấm ướt lớp mạ nhúng nóng sử dụng thiết bị phân tích phóng điện phát sáng. Tuy nhiên, việc sử dụng thiết bị phân tích phóng điện phát sáng chỉ là một ví dụ và các phương pháp khác bất kỳ cho phép xác định sự có mặt và phân bố của Mg, Ca, Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng cũng có thể được sử dụng.

Hơn nữa, tốt hơn là một hoặc nhiều kim loại được lựa chọn từ Ca, Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B nêu trên tạo ra hợp chất liên kim loại với một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Zn, Al, và Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng. Trong quá trình hình thành lớp mạ nhúng nóng, pha α -Al hóa rắn trước pha giàu Zn, và do đó hợp chất liên kim loại được thải ra từ pha α -Al trong suốt quá trình hóa rắn của nó và hơn nữa, pha giàu Zn trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng. Vì pha giàu Zn bị ăn mòn trước pha α -Al, một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Ca, Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B được đưa vào trong các sản phẩm ăn mòn. Kết quả là, có thể làm ổn định các sản phẩm ăn mòn một cách hiệu quả hơn trong giai đoạn ăn mòn ban đầu. Hơn nữa, tốt hơn là Si được bao gồm trong hợp chất liên kim loại vì điều này có nghĩa là hợp chất liên kim loại hấp thụ Si trong lớp mạ nhúng nóng để làm giảm sự dư thừa Si trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng và, kết quả là, có thể tránh được việc giảm khả năng gia công uốn gây ra bởi sự tạo ra Si không tan (pha Si) trên lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng.

Các phương pháp sau đây có thể được sử dụng để xác nhận liệu Mg hoặc một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Ca, Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B tạo ra hợp chất liên kim loại với một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ Zn, Al, và Si hay không. Các

ví dụ về các phương pháp cụ thể được sử dụng bao gồm phương pháp phát hiện các hợp chất liên kim loại nhờ hiện tượng nhiễu xạ tia X góc rộng của tấm thép mạ nhúng nóng và phương pháp phát hiện các hợp chất liên kim loại bằng cách thực hiện nhiễu xạ chùm điện tử với kính hiển vi điện tử truyền qua trên mặt cắt ngang của lớp mạ nhúng nóng. Hơn nữa, có thể sử dụng phương pháp khác bất kỳ, miễn là có thể phát hiện được các hợp chất liên kim loại.

Độ dày của lớp mạ nhúng nóng của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế tốt nhất là tối thiểu 15 μm và tối đa 27 μm . Thông thường, khả năng chống ăn mòn có xu hướng trở nên kém hơn khi độ dày của lớp mạ nhúng nóng giảm, ngược lại khả năng gia công có xu hướng giảm khi độ dày của lớp mạ nhúng nóng tăng lên.

Độ dày của lớp hợp kim phân giới tốt nhất là tối đa 1 μm . Điều này là bởi vì khả năng gia công cao và khả năng chống ăn mòn tốt hơn ở phần chịu tác động có thể đạt được khi độ dày của lớp hợp kim phân giới là tối đa 1 μm . Ví dụ, bằng cách đặt hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng là lớn hơn 0,6% khối lượng như được mô tả ở trên, có thể ức chế được sự phát triển của lớp hợp kim phân giới, và do đó độ dày của lớp hợp kim phân giới có thể được hạn chế đến tối đa 1 μm .

Có thể xác định độ dày của lớp mạ nhúng nóng và lớp hợp kim phân giới bằng phương pháp bất kỳ đã biết trong lĩnh vực này. Ví dụ, mỗi độ dày nêu trên có thể được xác định bằng các quan sát mặt cắt ngang của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng dưới kính hiển vi quét điện tử, đo độ dày ở 3 vị trí trong mỗi 3 trường quan sát, và sau đó tính toán giá trị độ dày trung bình từ 9 vị trí đo này.

Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế có thể là tấm thép được xử lý bề mặt còn bao gồm màng phủ xử lý chuyển hóa hóa học và/hoặc màng sơn phủ trên bề mặt.

Lưu ý rằng không có giới hạn cụ thể được đặt cho tấm thép nền được sử dụng trong tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế. Ví dụ, tấm thép nền không bị giới hạn ở tấm thép tương tự như được sử dụng trong tấm thép mạ hợp kim Al-Zn thông thường, và có thể là loại tấm thép có độ bền kéo cao hoặc tương tự.

Phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng

Sau đây là phần mô tả chi tiết phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si

nhúng nóng theo sáng chế.

Phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế bao gồm mạ nhúng nóng tấm thép nền bằng cách nhúng tấm thép nền trong bể kim loại nóng chảy chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, lượng cân bằng Zn và các tạp chất cho phép, sau đó làm nguội tấm thép mạ nhúng nóng thu được đến nhiệt độ nguội thứ nhất ở tốc độ nguội trung bình là thấp hơn 10°C/giây, nhiệt độ nguội thứ nhất không cao hơn nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy và không thấp hơn 50°C dưới nhiệt độ bể kim loại nóng chảy, và sau đó làm nguội tấm thép mạ nhúng nóng từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C ở tốc độ nguội trung bình là 10°C/giây hoặc lớn hơn.

Phương pháp theo sáng chế cho phép sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và các phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt ở phần chịu tác động.

Trong phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế, thông thường phương pháp được sử dụng trong đó việc sản xuất được thực hiện trong dây chuyền mạ kẽm liên tục (CGL), nhưng phương pháp sản xuất theo sáng chế không bị giới hạn ở trường hợp cụ thể đó.

Không có giới hạn cụ thể được đặt ra cho loại tấm thép nền được sử dụng làm tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo sáng chế. Ví dụ, tấm thép cán nóng hoặc dải thép chịu tẩy gỉ bằng axit, hoặc tấm thép hoặc dải thép cán nguội thu được bằng cách cán nguội tấm thép hoặc dải thép cán nóng đều có thể được sử dụng.

Hơn nữa, không có giới hạn cụ thể được đặt ra cho các điều kiện của quy trình tiền xử lý và ram thép, và có thể sử dụng phương pháp bất kỳ.

Các điều kiện mạ nhúng nóng có thể tương tự như ở phương pháp thông thường mà không có giới hạn cụ thể nào miễn là việc mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng có thể được thực hiện trên tấm thép nền. Ví dụ, tấm thép nền có thể phải trải qua bước ram để giảm ứng suất, sau đó được làm nguội đến nhiệt độ gần với của bể kim loại nóng chảy, nhúng vào bể kim loại nóng chảy, và sau đó làm khô để tạo lớp mạ nhúng nóng có độ dày mong muốn.

Bể kim loại nóng chảy dùng để mạ bằng phương pháp nhúng nóng có thành phần chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, một lượng cân bằng Zn và các tạp chất cho phép.

Bể kim loại nóng chảy có thể còn chứa Ca nhằm mục đích tăng khả năng chống ăn mòn.

Ngoài ra, bể kim loại nóng chảy có thể còn chứa một hoặc nhiều kim loại được chọn từ nhóm gồm có Mn, V, Cr, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 10% khối lượng. Việc đặt thành phần của bể kim loại nóng chảy như được mô tả ở trên cho phép tạo ra lớp mạ nhúng nóng có thành phần tương tự.

Không có giới hạn cụ thể được đặt ra cho nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy ngoại trừ đây là nhiệt độ cho phép thực hiện mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng mà không hóa rắn bể kim loại nóng chảy, và có thể sử dụng các nhiệt độ bể kim loại nóng chảy đã biết thông thường. Ví dụ, nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy trong đó có nồng độ Al là 55% khối lượng thích hợp là từ 575°C đến 620°C, và tốt hơn là 580°C đến 605°C.

Như được đề cập ở trên, lớp phủ hợp kim Al-Zn bao gồm lớp hợp kim phân giới nằm tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền, và lớp mạ chính nằm trên lớp hợp kim phân giới. Mặc dù trong thành phần của lớp mạ chính, các hàm lượng Al và Si hơi thấp hơn so với lớp hợp kim phân giới, về tổng thể, thành phần về cơ bản là giống như thành phần ở bể kim loại nóng chảy. Do đó, thành phần của lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng có thể được kiểm soát chính xác bằng cách điều chỉnh thành phần của bể kim loại nóng chảy.

Trong phương pháp sản xuất theo sáng chế, tấm thép thu được từ bước mạ nhúng nóng được làm nguội đến nhiệt độ nguội thứ nhất ở tốc độ nguội trung bình thấp hơn 10°C/giây, và sau đó được làm nguội từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C ở tốc độ nguội trung bình là 10°C/giây hoặc cao hơn. Thông qua nghiên cứu, các tác giả sáng chế đã nhận thấy rằng Mg_2Si được tạo ra dễ dàng đến khi đạt đến phạm vi từ nhiệt độ xấp xỉ nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy đến thấp hơn nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy 50°C (nhiệt độ nguội thứ nhất). Do đó, bằng cách hạn chế tốc độ nguội đến giá trị trung bình thấp hơn 10°C/giây đến nhiệt độ nguội thứ nhất, nếu vượt quá khoảng thời gian để

Mg₂Si được tạo ra trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng, nhờ đó tạo ra một lượng Mg₂Si lớn nhất, và Mg₂Si được phân tán mịn và đồng đều trong lớp mạ chính của lớp mạ nhúng nóng mà không xảy ra hiện tượng phân tán không đồng đều, có thể đạt được khả năng chống ăn mòn rất tốt ở phần chịu tác động. Mặt khác, các tác giả sáng chế còn nhận thấy rằng Si pha đơn kết tủa nhanh trong vùng nhiệt độ từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C. Theo đó, sự kết tủa của Si pha đơn có thể được ức chế bằng cách duy trì tốc độ nguội ở giá trị trung bình là 10°C/giây hoặc cao hơn từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C.

Từ quan điểm có thể ngăn chặn sự kết tủa Si pha đơn một cách hiệu quả hơn, tốc độ nguội trung bình từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C thích hợp là 20°C/giây hoặc cao hơn, và tốt hơn là 40°C/giây hoặc cao hơn.

Cần lưu ý rằng ở phương pháp sản xuất theo sáng chế, ngoài các điều kiện làm nguội trong và sau khi mạ nhúng nóng, tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có thể được sản xuất với phương pháp thông thường mà không có bất kỳ giới hạn cụ thể nào.

Ví dụ, lớp sơn phủ xử lý chuyển hóa hóa học có thể được tạo ra trên bề mặt của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng (quy trình xử lý chuyển hóa hóa học) hoặc màng sơn phủ có thể được thực hiện trên bề mặt của tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng trong dây chuyền sơn phủ riêng biệt (quy trình tạo màng sơn).

Lớp sơn phủ xử lý chuyển hóa hóa học có thể được tạo ra nhờ xử lý cromat hóa hoặc xử lý chuyển hóa hóa học không chứa crom, ví dụ, sử dụng dung dịch xử lý cromat hóa hoặc dung dịch xử lý chuyển hóa hóa học không chứa crom, và không rửa lại bằng nước, thực hiện sấy khô với nhiệt độ tấm thép nằm trong khoảng từ 80°C đến 300°C. Các lớp sơn phủ xử lý chuyển hóa hóa học có cấu trúc đơn lớp hoặc đa lớp, và trong trường hợp kết cấu đa lớp, việc xử lý chuyển hóa hóa học có thể được thực hiện nhiều lần liên tiếp.

Các phương pháp để tạo màng sơn phủ bao gồm sơn lăn, sơn ép tạo màng và sơn phun. Màng sơn phủ có thể được tạo ra bằng cách đưa nhựa hữu cơ chứa vật liệu sơn, và sau đó làm nóng và sấy khô vật liệu sơn bằng không khí nóng, nhiệt hồng ngoại, nhiệt cảm ứng từ hoặc phương pháp khác.

Ví dụ thực hiện của sáng chế

Sau đây, các ví dụ thực hiện sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Ví dụ 1

Các mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng từ 1 đến 57 được sản xuất trong dây chuyền mạ điện liên tục (CGL) sử dụng tấm thép cán nguội có độ dày 0,5 mm được sản xuất theo phương pháp thông thường làm tấm thép nền.

Các điều kiện sản xuất (nhiệt độ bể kim loại nóng chảy, nhiệt độ nguội thứ nhất, và tốc độ nguội) và các điều kiện của lớp mạ nhúng nóng (thành phần, đường kính lớn của Mg_2Si , tỷ lệ đường kính bé/đường kính lớn của Mg_2Si , độ dày của lớp mạ nhúng nóng, vế trái của công thức (1), vế trái của công thức (2), hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính, tỷ lệ diện tích Mg_2Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ của Mg_2Si so với Al, và độ dày của lớp hợp kim phân giới) như được thể hiện trong bảng 1.

Nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy là $590^{\circ}C$ khi sản xuất tất cả các mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng nêu trên.

Với mẫu 10, sau khi mạ nhúng nóng, mẫu được giữ ở nhiệt độ $200^{\circ}C$ trong thời gian 30 phút. Thành phần của các lớp mạ nhúng nóng trong các mẫu từ 11 đến 13, 20, và 21 đều nằm trong phạm vi như được bộc lộ trong tài liệu patent 2, trong khi thành phần của các lớp mạ nhúng nóng trong các mẫu 28, 29, và 32 nằm trong phạm vi như được bộc lộ trong tài liệu patent 3.

Đường kính bé và đường kính lớn của Mg_2Si

Các đường kính lớn và bé của Mg_2Si được xác định đối với mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bằng cách chụp ảnh bề mặt của lớp mạ nhúng nóng sử dụng kính hiển vi quang học (độ khuếch đại x100), lựa chọn ngẫu nhiên năm hạt Mg_2Si , đo đường kính lớn và đường kính bé của mỗi hạt Mg_2Si được chọn, và tính toán giá trị trung bình của các đường kính lớn và đường kính bé đo được. Đường kính lớn (μm) và tỷ lệ đường kính bé so với đường kính lớn được xác định đối với Mg_2Si được thể hiện trong bảng 1.

Đường kính tinh thể

Đường kính tinh thể được xác định đối với mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bằng cách quan sát bề mặt được đánh bóng của lớp mạ chính của lớp mạ

nhúng nóng ở độ khuếch đại x200 sử dụng kính hiển vi quét điện tử (SEM), lựa chọn vùng trong đó có ít nhất ba nhánh tinh thể được sắp xếp thành hàng trong trường quan sát được lựa chọn ngẫu nhiên, đo khoảng cách theo chiều sắp xếp của các nhánh tinh thể, và sau đó chia khoảng cách đo được cho số nhánh tinh thể. Đường kính tinh thể được đo ở ba vị trí trong một trường quan sát và giá trị trung bình của các đường kính tinh thể đo được được tính toán để xác định đường kính tinh thể trung bình. Đường kính tinh thể xác định được được thể hiện trong bảng 1.

Đánh giá khả năng chống ăn mòn của lớp mạ nhúng nóng

(1) Đánh giá khả năng chống ăn mòn của phần phẳng và phần mép

Mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng được thực hiện thử nghiệm ăn mòn theo chu trình của tổ chức tiêu chuẩn ô tô Nhật Bản (JASO-CCT). Mỗi chu trình của thử nghiệm JASO-CCT bao gồm phun muối, sấy khô và làm ướt dưới các điều kiện cụ thể như được minh họa trên Fig.6.

Đếm số lượng chu trình cho đến khi tạo ra gỉ màu đỏ trên mỗi phần phẳng và phần mép của mỗi mẫu, sau đó được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây.

Rất tốt: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ ≥ 600 chu trình

Thỏa mãn: $400 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 600 \text{ chu trình}$

Không thỏa mãn: $300 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 400 \text{ chu trình}$

Kém: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ < 300 chu trình

(2) Đánh giá khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động uốn cong

Mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng được gia công uốn cong 180° để kẹp ba tấm có độ dày như nhau bên trong (uốn 3T), và sau đó được thực hiện thử nghiệm ăn mòn JASO-CCT tại mặt ngoài của vị trí uốn. Mỗi chu trình của thử nghiệm JASO-CCT bao gồm phun muối, sấy khô và làm ướt dưới các điều kiện cụ thể như được minh họa trên Fig.6.

Đếm số lượng chu trình cho đến khi tạo ra gỉ màu đỏ trên phần chịu tác động của mỗi mẫu, sau đó được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây.

Rất tốt: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ ≥ 600 chu trình

Thỏa mãn: $400 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 600 \text{ chu trình}$

Không thỏa mãn: $300 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 400 \text{ chu trình}$

Kém: $\text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 300 \text{ chu trình}$

Bảng 1

TT	Mã nhúng nóng										Điều kiện sản xuất			Đánh giá			Ghi chú			
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bề/dường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tĩnh thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ điện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (μm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bể nóng kim loại (°C)	Nhiệt độ người thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)	Khả năng chống ăn mòn của tấm thép mạ nhúng nóng				
																Phần phẳng		Phần mép	Phần chịu tác động	
1	55	1,1	0,5	không có Mg ₂ Si	24	12,2	2,0	0,0	0,0	0,00	1,2	-11,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
2	55	3,2	0,5	không có Mg ₂ Si	23	11,0	2,1	0,0	0,0	0,00	1,2	-32,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
3	55	5,6	0,5	không có Mg ₂ Si	21	10,5	2,0	0,0	0,0	0,00	1,2	-56,0	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
4	55	7,3	0,5	không có Mg ₂ Si	22	12,2	1,8	0,0	0,0	0,00	1,2	-73,0	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
5	55	1,1	1,1	7	22	11,2	2,0	1,4	1,2	0,01	1,0	2,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
6	55	3,2	1,1	8	23	11,6	2,0	1,4	1,2	0,01	1,0	6,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
7	55	5,6	1,1	6	26	10,9	2,4	1,4	1,2	0,01	1,0	11,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
8	55	10,5	1,1	5	22	10,3	2,1	1,4	1,2	0,01	1,0	21,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
9	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	24	11,4	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
10	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	23	10,8	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Kém	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
11	55	1,1	1,5	9	21	15,7	1,3	1,7	4,2	0,01	0,9	1,2	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
12	55	1,8	1,5	6	22	12,3	1,8	2,8	5,8	0,01	0,9	2,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
13	55	3,2	1,5	7	21	11,1	1,9	2,5	5,3	0,01	0,9	3,6	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
14	55	5,6	1,5	8	24	9,6	2,5	2,5	5,3	0,01	0,9	6,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
15	55	7,3	1,5	6	22	10,4	2,1	2,5	5,3	0,01	0,9	8,1	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
16	55	10,5	1,5	7	23	11,6	2,0	2,5	5,3	0,01	0,9	11,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
17	55	14,2	1,5	7	22	10,8	2,0	2,5	5,3	0,01	0,9	15,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
18	55	0,0	2,3	không có Mg ₂ Si	20	12,5	1,6	0,0	0,0	0,00	0,7	0,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
19	55	0,2	2,3	không có Mg ₂ Si	22	15,5	1,4	0,3	1,3	0,00	0,7	0,1	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
20	55	2,3	2,3	8	23	16,9	1,4	3,6	6,9	0,02	0,7	1,4	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
21	55	3,2	2,3	6	25	10,4	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	1,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
22	55	5,6	2,3	7	21	11,0	1,9	4,6	8,1	0,02	0,7	3,3	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ
23	55	5,6	2,4	7	21	11,0	1,9	3,6	6,9	0,02	0,6	3,1	590	560	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ
24	55	5,6	2,4	7	21	11,0	1,9	2,8	5,8	0,01	0,5	3,1	590	590	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ
25	55	7,3	2,3	8	23	10,6	2,2	4,6	8,1	0,02	0,7	4,3	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ

Bảng 1 (tiếp)

TT	Mã nhúng nóng										Điều kiện sản xuất				Đánh giá			Ghi chú		
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bề/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phản gỉ (μm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bể kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ nguội thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)		Khả năng chống ăn mòn của tấm thép mạ nhúng nóng		Đánh giá	
															Đến nhiệt độ nguội thử nhất	Từ nhiệt độ nguội thử nhất đến 380°C				
	Al	Mg	Si														Phản phẳng	Phản mép	Phản chịu tác động	
26	55	14,2	2,3	6	0,2	24	12,4	1,9	4,6	8,1	0,02	0,7	8,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
27	55	19,4	2,3	7	0,2	24	10,2	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	11,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
28	55	24,3	2,3	7	0,1	22	10,4	2,1	4,6	8,1	0,02	0,7	14,3	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
29	55	28,5	2,3	8	0,1	26	10,7	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	16,8	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn
30	55	3,2	3,1	13	0,5	19	15,2	1,3	5,1	8,7	0,03	0,7	1,3	590	540	15	15	Không thỏa mãn	Kém	Kém
31	55	4,5	3,1	9	0,2	24	9,9	2,4	6,8	10,5	0,02	0,7	1,8	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Thỏa mãn
32	55	4,5	3,1	9	0,2	24	9,9	2,4	5,1	8,5	0,02	0,6	1,8	590	560	5	25	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
33	55	4,5	3,1	9	0,2	24	9,9	2,4	3,9	6,4	0,02	0,5	1,8	590	590	5	27	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
34	45	4,8	2,9	8	0,3	23	10,3	2,2	6,3	10,0	0,03	0,7	2,1	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Thỏa mãn
35	65	4,6	3,0	9	0,2	22	11,7	1,9	6,6	10,2	0,03	0,7	1,9	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Thỏa mãn
36	55	5,6	3,1	8	0,3	24	19,4	1,2	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	16	16	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn
37	55	5,6	3,1	8	0,3	22	17,1	1,3	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	18	18	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn
38	55	5,6	3,1	7	0,2	21	13,2	1,6	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Thỏa mãn
39	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	5	38	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
40	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	5,9	9,5	0,03	0,6	2,2	590	560	5	38	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
41	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	4,8	8,3	0,02	0,5	2,2	590	590	5	38	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
42	55	7,3	3,1	8	0,2	25	9,1	2,7	6,8	10,5	0,03	0,7	2,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
43	55	10,5	3,1	8	0,2	22	10,5	2,1	6,8	10,5	0,03	0,7	4,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
44	55	14,2	3,1	8	0,2	25	9,9	2,5	6,8	10,5	0,03	0,7	5,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
45	55	19,4	3,1	9	0,2	23	9,6	2,4	6,8	10,5	0,03	0,7	7,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
46	55	24,3	3,1	7	0,2	22	9,1	2,4	6,8	10,5	0,03	0,7	9,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
47	55	28,5	3,1	8	0,1	21	9,2	2,3	6,8	10,5	0,03	0,7	11,4	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn
48	55	7,3	5,9	14	0,5	20	16,4	1,2	11,5	14,9	0,06	0,7	1,4	590	540	15	15	Không thỏa mãn	Kém	Kém
49	55	10,5	5,9	7	0,2	22	9,5	2,3	14,5	17,4	0,07	0,7	2,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn
50	55	14,2	5,9	8	0,2	23	10,6	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	2,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn

Bảng 1 (tiếp)

TT	Mạ nhúng nóng										Điều kiện sản xuất				Đánh giá			Ghi chú			
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính lớn bề/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (μm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bề kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ nguội thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)		Khả năng chống ăn mòn của tấm thép mạ nhúng nóng		Phần phẳng	Phần mép	Phần chịu tác động
															Al	Mg					
51	55	19,4	5,9	0,2	21	10,3	2,0	14,5	17,4	0,07	0,7	3,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
52	55	24,3	5,9	0,2	21	9,4	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	4,6	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
53	55	28,5	5,9	0,1	24	11,1	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	5,4	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh	
54	55	14,2	8,5	0,2	22	9,7	2,3	21,6	22,7	0,11	0,7	1,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
55	55	19,4	8,5	0,2	25	10,5	2,4	21,6	22,7	0,11	0,7	2,5	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
56	55	24,3	8,5	0,2	23	9,3	2,5	21,6	22,7	0,11	0,7	3,1	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
57	55	28,5	8,5	0,2	21	8,9	2,4	21,6	22,7	0,11	0,7	3,6	590	540	5	0	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh	
58	55	24,3	13,5	0,2	24	9,8	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	1,9	590	540	5	0	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
59	55	28,5	13,5	0,1	22	9,0	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	2,2	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh	
60	55	24,3	16,2	0,1	23	8,7	2,6	38,4	33,3	0,19	0,7	1,6	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh	
61	55	28,5	16,2	0,1	20	9,6	2,1	42,6	35,7	0,21	0,7	1,8	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh	
62	55	3,2	1,5	0,1	17	10,9	1,6	2,4	5,2	0,01	0,9	3,6	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
63	55	5,6	1,5	0,2	15	9,6	1,6	2,6	5,5	0,01	0,9	6,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
64	55	7,3	1,5	0,2	16	10,1	1,6	2,5	5,3	0,01	0,8	8,1	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
65	55	10,5	1,5	0,2	17	10,8	1,6	2,6	5,5	0,01	0,9	11,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
66	55	14,2	1,5	0,2	17	10,7	1,6	2,5	5,3	0,01	0,9	15,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
67	55	5,6	3,1	0,2	17	10,5	1,6	4,8	8,3	0,02	0,5	2,2	590	590	5	38	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ	
68	55	7,3	3,1	0,2	15	9,1	1,6	6,8	10,5	0,03	0,7	2,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
69	30	4,8	2,9	0,2	17	10,5	1,6	6,4	10,1	0,03	0,5	2,1	560	520	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
70	35	4,8	2,9	0,2	17	10,8	1,6	6,2	9,9	0,03	0,5	2,1	570	530	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ	
71	45	4,8	2,9	0,3	16	10,3	1,6	6,3	10,0	0,03	0,7	2,1	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ	
72	65	4,8	2,9	0,2	18	11,2	1,6	6,3	10,0	0,03	0,7	2,1	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ	
73	70	4,8	2,9	0,2	18	11,5	1,6	6,1	9,8	0,03	0,9	2,1	620	570	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
74	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	15	15,0	1,0	0,0	0,0	0,00	1,2	0,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh	

Có thể thấy được từ bảng 1 là các mẫu ở các “ví dụ” có khả năng chống ăn mòn trong các phần phẳng, phần mép và các phần chịu tác động rất tốt so với các mẫu ở các “ví dụ so sánh”.

Ví dụ 2

Một số mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng được sản xuất trong ví dụ 1 (tham chiếu trên bảng 2 về số hiệu mẫu) được xử lý tạo ra lớp phủ chuyển hóa hóa học gốc nhựa uretan (CT-E-364 do Nihon Parkerizing Co., Ltd. sản xuất). Trọng lượng riêng của màng chuyển hóa hóa học là 1 g/m².

Các điều kiện sản xuất (nhiệt độ bể kim loại nóng chảy, nhiệt độ nguội thứ nhất, và tốc độ nguội) và các điều kiện của lớp mạ nhúng nóng (thành phần, đường kính lớn của Mg₂Si, tỷ lệ đường kính bé/đường kính lớn của Mg₂Si, độ dày của lớp mạ nhúng nóng, vế trái của công thức (1), vế trái của công thức (2), hàm lượng Mg₂Si trong lớp mạ chính, tỷ lệ diện tích Mg₂Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ của Mg₂Si so với Al, và độ dày của lớp hợp kim phân giới) được thể hiện trong bảng 2.

Đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi xử lý chuyển hóa hóa học

(1) Đánh giá khả năng chống ăn mòn của phần phẳng và phần mép

Mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng trên đó có lớp phủ chuyển hóa hóa học được tạo ra được thực hiện thử nghiệm ăn mòn JASO-CCT. Mỗi chu trình của thử nghiệm JASO-CCT bao gồm phun muối, sấy khô, và làm ướt dưới các điều kiện nhất định như được minh họa trên Fig.6.

Đếm số lượng chu trình cho đến khi tạo ra gỉ màu đỏ trên phần phẳng và phần mép của mỗi mẫu, và sau đó đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây.

Rất tốt: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ ≥ 700 chu trình

Thỏa mãn: $500 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 700 \text{ chu trình}$

Không thỏa mãn: $400 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 500 \text{ chu trình}$

Kém: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ < 400 chu trình

(2) Đánh giá khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động uốn cong

Mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng trên đó có lớp phủ chuyển hóa

hóa học được tạo ra được gia công uốn cong 180° để kẹp ba tấm có độ dày như nhau vào bên trong (uốn 3T), và sau đó được thực hiện thử nghiệm ăn mòn JASO-CCT tại mặt ngoài của vị trí uốn. Mỗi chu trình của thử nghiệm JASO-CCT bao gồm phun muối, sấy khô và làm ướt dưới các điều kiện cụ thể như được minh họa trên Fig.6.

Đếm số lượng chu trình cho đến khi tạo ra gỉ màu đỏ trên phần chịu tác động của mỗi mẫu, sau đó được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây.

Rất tốt: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ ≥ 700 chu trình

Thỏa mãn: $500 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 700 \text{ chu trình}$

Không thỏa mãn: $400 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 500 \text{ chu trình}$

Kém: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ < 400 chu trình

Bảng 2

TT	Mạ nhôm nóng										Điều kiện sản xuất			Đánh giá			Ghi chú			
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (µm)	Tỷ lệ đường kính bề/dường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (µm)	Đường kính tĩnh thể hình cây (µm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (µm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bể kìm loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ ngủ thứ nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)			Khả năng chống ăn mòn sau khi xử lý chuyên hóa học		
															Đến nhiệt độ ngủ thứ nhất	Từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C		Phần phẳng	Phần mép	Phần chịu tác động
1	55	5,6	0,5	không có Mg ₂ Si	21	10,5	2,0	0,0	0,0	0,00	1,2	-56,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Ví dụ so sánh	
2	55	7,3	0,5	không có Mg ₂ Si	22	12,2	1,8	0,0	0,0	0,00	1,2	-73,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Ví dụ so sánh	
3	55	3,2	1,1	8	23	11,6	2,0	1,4	1,2	0,01	1,0	6,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
4	55	5,6	1,1	6	26	10,9	2,4	1,4	1,2	0,01	1,0	11,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
5	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	24	11,4	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
6	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	23	10,8	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
7	55	1,1	1,5	9	21	15,7	1,3	1,7	4,2	0,01	0,9	1,2	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
8	55	1,8	1,5	6	22	12,3	1,8	2,5	5,3	0,01	0,9	2,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
9	55	5,6	1,5	8	24	9,6	2,5	2,5	5,3	0,01	0,9	6,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
10	55	10,5	1,5	7	23	11,6	2,0	2,5	5,3	0,01	0,9	11,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
11	55	0,0	2,3	không có Mg ₂ Si	20	12,5	1,6	0,0	0,0	0,00	0,7	0,0	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
12	55	0,2	2,3	không có Mg ₂ Si	22	15,5	1,4	0,3	1,3	0,00	0,7	0,1	590	540	5	23	Kém	Kém	Kém	Ví dụ so sánh
13	55	3,2	2,3	6	25	10,4	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	1,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
14	55	5,6	2,4	7	21	11,0	1,9	3,6	6,9	0,02	0,6	3,1	590	560	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Ví dụ	
15	55	5,6	2,4	7	21	11,0	1,9	2,8	5,8	0,01	0,5	3,1	590	590	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Ví dụ	
16	55	7,3	2,3	8	23	10,6	2,2	4,6	8,1	0,02	0,7	4,3	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
17	55	19,4	2,3	7	24	10,2	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	11,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ	
18	55	28,5	2,3	8	26	10,7	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	16,8	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh	
19	55	4,5	3,1	9	24	9,9	2,4	5,1	8,5	0,02	0,6	1,8	590	560	5	25	Rất tốt	Thỏa mãn	Ví dụ	
20	55	4,5	3,1	9	24	9,9	2,4	3,9	6,4	0,02	0,5	1,8	590	590	5	27	Rất tốt	Thỏa mãn	Ví dụ	

Bảng 2 (tiếp)

Mạ nhúng nóng																	Điều kiện sản xuất				Đánh giá			Ghi chú
TT	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bé/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (μm)	Vết trái ở bề kim loại nóng chảy thức (1)	Nhiệt độ bề kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ ngôi thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)		Khả năng chống ăn mòn sau khi xử lý chuyển hóa hóa học	Phản phẳng	Phản mép	Phản chịu tác động				
															Đến nhiệt độ nguội thử nhất	Từ nhiệt độ ngôi thử nhất đến 380°C								
		Al	Mg	Si																				
21	55	5,6	3,1	8	0,3	24	19,4	1,2	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	16		Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
22	55	5,6	3,1	8	0,3	22	17,1	1,3	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	18		Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
23	55	5,6	3,1	7	0,2	21	13,2	1,6	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
24	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	6,8	10,5	0,03	0,7	2,2	590	540	5	38	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ			
25	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	5,9	9,5	0,03	0,6	2,2	590	560	5	38	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ			
26	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	4,8	8,3	0,02	0,5	2,2	590	590	5	38	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ			
27	55	10,5	3,1	8	0,2	22	10,5	2,1	6,8	10,5	0,03	0,7	4,2	590	540	5	23	Rất tốt	Thỏa mãn	Rất tốt	Ví dụ			
28	55	19,4	3,1	9	0,2	23	9,6	2,4	6,8	10,5	0,03	0,7	7,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
29	55	28,5	3,1	8	0,1	21	9,2	2,3	6,8	10,5	0,03	0,7	11,4	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
30	55	7,3	5,9	14	0,5	20	16,4	1,2	11,5	14,9	0,06	0,7	1,4	590	540	15	15	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh			
31	55	10,5	5,9	7	0,2	22	9,5	2,3	14,5	17,4	0,07	0,7	2,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
32	55	19,4	5,9	6	0,2	21	10,3	2,0	14,5	17,4	0,07	0,7	3,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
33	55	24,3	5,9	8	0,2	21	9,4	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	4,6	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
34	55	28,5	5,9	7	0,1	24	11,1	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	5,4	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
35	55	14,2	8,5	7	0,2	22	9,7	2,3	21,6	22,7	0,11	0,7	1,8	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
36	55	24,3	8,5	7	0,2	23	9,3	2,5	21,6	22,7	0,11	0,7	3,1	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
37	55	28,5	8,5	6	0,2	21	8,9	2,4	21,6	22,7	0,11	0,7	3,6	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
38	55	24,3	13,5	7	0,2	24	9,8	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	1,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Thỏa mãn	Ví dụ			
39	55	28,5	13,5	8	0,1	22	9,0	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	2,2	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			
40	55	24,3	16,2	8	0,1	23	8,7	2,6	38,4	33,3	0,19	0,7	1,6	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Kém	Kém	Ví dụ so sánh			
41	55	28,5	16,2	7	0,1	20	9,6	2,1	42,6	35,7	0,21	0,7	1,8	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh			

Có thể thấy được từ bảng 2 là các mẫu ở các “ví dụ” có khả năng chống ăn mòn trong các phần phẳng, phần mép và các phần chịu tác động rất tốt so với các mẫu ở các “ví dụ so sánh”.

Ví dụ 3

Đối với mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng đã được xử lý tạo lớp phủ chuyển hóa hóa học ở ví dụ 2,5 μm sơn lót gốc nhựa epoxy (JT-25 do Nippon Fine Coatings sản xuất) và 15 μm sơn phủ gốc polyeste hóa rắn bởi melamin (NT-GLT do Nippon Fine Coatings sản xuất) được sơn lên bề mặt theo thứ tự nêu trên và được sấy khô để tạo ra sản phẩm tấm thép đã được sơn phủ.

Các điều kiện sản xuất (nhiệt độ bể kim loại nóng chảy, nhiệt độ nguội thứ nhất, và tốc độ nguội) và các điều kiện của lớp mạ nhúng nóng (thành phần, đường kính lớn của Mg_2Si , tỷ lệ đường kính bé/đường kính lớn của Mg_2Si , độ dày của lớp mạ nhúng nóng, vế trái của công thức (1), vế trái của công thức (2), hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính, tỷ lệ diện tích Mg_2Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ của Mg_2Si so với Al, và độ dày của lớp hợp kim phân giới) được thể hiện trong bảng 3.

Đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ

(1) Đánh giá khả năng chống ăn mòn ở phần chịu tác động uốn cong

Mỗi mẫu tấm thép mạ được gia công uốn cong 180° để kẹp ba tấm có độ dày như nhau vào bên trong (uốn 3T), và sau đó được thực hiện thử nghiệm ăn mòn JASO-CCT tại mặt ngoài của vị trí uốn. Mỗi chu trình của thử nghiệm JASO-CCT bao gồm phun muối, sấy khô và làm ướt dưới các điều kiện cụ thể như được minh họa trên Fig.6.

Đếm số lượng chu trình cho đến khi tạo ra gỉ màu đỏ trên phần chịu tác động của mỗi mẫu, và sau đó đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây.

Rất tốt: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ ≥ 600 chu trình

Thỏa mãn: $400 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 600 \text{ chu trình}$

Không thỏa mãn: $300 \text{ chu trình} \leq \text{số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ} < 400 \text{ chu trình}$

Kém: số chu trình tạo ra gỉ màu đỏ < 300 chu trình

Bảng 3

TT		Mạ nhúng nóng										Điều kiện sản xuất				Đánh giá		Ghi chú	
		Thành phần (% khối lượng)			Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bề/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (μm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bể kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ người thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)		
																	Đến nhiệt độ người thử nhất		Từ nhiệt độ người thử nhất đến 380°C
1	55	5,6	0,5	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	21	10,5	2,0	0,0	0,0	0,00	1,2	-56,0	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
2	55	7,3	0,5	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	22	12,2	1,8	0,0	0,0	0,00	1,2	-73,0	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
3	55	3,2	1,1	8	0,2	23	11,6	2,0	1,4	1,2	0,01	1,0	6,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
4	55	5,6	1,1	6	0,1	26	10,9	2,4	1,4	1,2	0,01	1,0	11,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
5	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	24	11,4	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
6	55	0,0	1,5	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	23	10,8	2,1	0,0	0,0	0,00	0,9	0,0	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
7	55	1,1	1,5	9	0,2	21	15,7	1,3	1,7	4,2	0,01	0,9	1,2	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
8	55	1,8	1,5	6	0,2	22	12,3	1,8	2,5	5,3	0,01	0,9	2,0	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
9	55	5,6	1,5	8	0,2	24	9,6	2,5	2,5	5,3	0,01	0,9	6,2	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
10	55	10,5	1,5	7	0,2	23	11,6	2,0	2,5	5,3	0,01	0,9	11,7	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
11	55	0,0	2,3	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	20	12,5	1,6	0,0	0,0	0,00	0,7	0,0	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
12	55	0,2	2,3	không có Mg ₂ Si	không có Mg ₂ Si	22	15,5	1,4	0,3	1,3	0,00	0,7	0,1	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh
13	55	3,2	2,3	6	0,2	25	10,4	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	1,9	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
14	55	5,6	2,4	7	0,2	21	11,0	1,9	3,6	6,9	0,02	0,6	3,1	590	560	5	23	Rất tốt	Ví dụ
15	55	5,6	2,4	7	0,2	21	11,0	1,9	2,8	5,8	0,01	0,5	3,1	590	590	5	23	Rất tốt	Ví dụ
16	55	7,3	2,3	8	0,2	23	10,6	2,2	4,6	8,1	0,02	0,7	4,3	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
17	55	19,4	2,3	7	0,2	24	10,2	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	11,4	590	540	5	23	Thỏa mãn	Ví dụ
18	55	28,5	2,3	8	0,1	26	10,7	2,4	4,6	8,1	0,02	0,7	16,8	590	540	5	23	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
19	55	4,5	3,1	9	0,2	24	9,9	2,4	5,1	8,5	0,02	0,6	1,8	590	560	5	25	Rất tốt	Ví dụ
20	55	4,5	3,1	9	0,2	24	9,9	2,4	3,9	6,4	0,02	0,5	1,8	590	590	5	27	Rất tốt	Ví dụ

Bảng 3 (tiếp)

TT	Mạ nhúng nóng										Điều kiện sản xuất			Đánh giá		Ghi chú	
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bề/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết trái ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phần giới (μm)	Vết trái ở công thức (1)	Nhiệt độ bể kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ nguội thử nhất (°C)	Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)		
															Đến nhiệt độ nguội thử nhất		Từ nhiệt độ nguội thử nhất đến 380°C
21	55	5,6	3,1	8	0,3	24	19,4	1,2	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	16	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
22	55	5,6	3,1	8	0,3	22	17,1	1,3	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	18	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
23	55	5,6	3,1	7	0,2	21	13,2	1,6	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
24	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
25	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	5,9	9,5	0,03	0,6	590	560	5	Thỏa mãn	Ví dụ
26	55	5,6	3,1	8	0,2	22	10,8	2,0	4,8	8,3	0,02	0,5	590	590	5	Rất tốt	Ví dụ
27	55	10,5	3,1	8	0,2	22	10,5	2,1	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
28	55	19,4	3,1	9	0,2	23	9,6	2,4	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
29	55	28,5	3,1	8	0,1	21	9,2	2,3	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
30	55	7,3	5,9	14	0,5	20	16,4	1,2	11,5	14,9	0,06	0,7	590	540	15	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
31	55	10,5	5,9	7	0,2	22	9,5	2,3	14,5	17,4	0,07	0,7	590	540	5	Kém	Ví dụ so sánh
32	55	19,4	5,9	6	0,2	21	10,3	2,0	14,5	17,4	0,07	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
33	55	24,3	5,9	8	0,2	21	9,4	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
34	55	28,5	5,9	7	0,1	24	11,1	2,2	14,5	17,4	0,07	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
35	55	14,2	8,5	7	0,2	22	9,7	2,3	21,6	22,7	0,11	0,7	590	540	5	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
36	55	24,3	8,5	7	0,2	23	9,3	2,5	21,6	22,7	0,11	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
37	55	28,5	8,5	6	0,2	21	8,9	2,4	21,6	22,7	0,11	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
38	55	24,3	13,5	7	0,2	24	9,8	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	590	540	5	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
39	55	28,5	13,5	8	0,1	22	9,0	2,4	35,2	31,4	0,18	0,7	590	540	5	Thỏa mãn	Ví dụ
40	55	24,3	16,2	8	0,1	23	8,7	2,6	38,4	33,3	0,19	0,7	590	540	5	Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh
41	55	28,5	16,2	7	0,1	20	9,6	2,1	42,6	35,7	0,21	0,7	590	540	5	Kém	Ví dụ so sánh
																Không thỏa mãn	Ví dụ so sánh

Có thể thấy được từ bảng 3 là các mẫu ở các “ví dụ” có khả năng chống ăn mòn trong các phần chịu tác động rất tốt so với các mẫu ở các “ví dụ so sánh”.

Ví dụ 4

Một số mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng được sản xuất trong ví dụ 1 (tham chiếu trên bảng 4 về số hiệu mẫu), mỗi mẫu được cắt nhỏ thành kích thước từ 90 mm x 70 mm và sau đó được xử lý chuyển hóa hóa học sử dụng phương pháp xử lý bằng kẽm phosphat, tiếp theo được sơn điện ly, sơn lót, và sơn phủ theo quy trình sơn tương tự như quy trình sơn tấm ốp ngoài của ô tô.

Phương pháp xử lý bằng kẽm phosphat: chất tẩy nhờn “FC-E2001” do Nihon Parkerizing Co., Ltd. sản xuất, chất điều chỉnh bề mặt “PL-X” do Nihon Parkerizing Co., Ltd. sản xuất, và chất xử lý kẽm phosphat “PB-AX35M” (nhiệt độ: 35°C) do Nihon Parkerizing Co., Ltd. sản xuất được sử dụng dưới các điều kiện nồng độ flo tự do trong dung dịch xử lý kẽm phosphat là 200 ppm (200 phần triệu) và thời gian ngâm trong dung dịch xử lý kẽm phosphat là 120 giây.

Sơn điện ly: vật liệu sơn điện ly “GT-100” do Kansai Paint Co., Ltd. sản xuất được sử dụng để thực hiện sơn điện ly với độ dày là 15 μm .

Sơn lót: vật liệu sơn lót “TP-65-P” do Kansai Paint Co., Ltd. sản xuất được sử dụng để sơn phun với độ dày là 30 μm .

Sơn phủ: vật liệu sơn phủ “Neo6000” do Kansai Paint Co., Ltd. sản xuất được sử dụng để sơn phun với độ dày là 30 μm .

Các điều kiện sản xuất (nhiệt độ bể kim loại nóng chảy, nhiệt độ nguội thứ nhất, và tốc độ nguội) và các điều kiện của lớp mạ nhúng nóng (thành phần, đường kính lớn của Mg_2Si , tỷ lệ đường kính bé/đường kính lớn của Mg_2Si , độ dày của lớp mạ nhúng nóng, vế trái của công thức (1), vế trái của công thức (2), hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính, tỷ lệ diện tích Mg_2Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính, tỷ lệ cường độ nhiễu xạ của Mg_2Si so với Al, và độ dày của lớp hợp kim phân giới) được thể hiện trong bảng 4.

Đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ

Đối với mỗi mẫu tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng đã được xử lý sơn phủ, mẫu để đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ được lấy như được minh họa

trên Fig.7 bằng cách sử dụng băng dính dính lên bề mặt không đánh giá (mặt sau) và phần mép rộng 5 mm của bề mặt đánh giá, và sau đó sử dụng dao cắt để tạo vết cắt chéo ở tâm của bề mặt đánh giá với độ dài 60 mm và góc giao giữa hai đường chéo là 90° , và có độ sâu chạm tới tấm thép nền của tấm thép mạ nhôm nóng.

Mẫu đánh giá được thực hiện thử nghiệm ăn mòn gia tốc (SAE J 2334) qua các chu trình được minh họa trên Fig.8. Thử nghiệm ăn mòn gia tốc được bắt đầu từ khi làm ướt và được tiếp tục cho đến khi hoàn tất 30 chu trình. Độ rộng phòng rộp màng sơn của phần tại đó màng sơn bị phòng rộp lớn nhất từ vị trí vết cắt (độ rộng phòng rộp màng sơn lớn nhất) được đo lại, và sau đó đánh giá khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ theo tiêu chuẩn dưới đây. Kết quả đánh giá được thể hiện trong bảng 4.

Rất tốt: độ rộng phòng rộp màng sơn lớn nhất $\leq 2,5$ mm

Tốt: $2,5$ mm < độ rộng phòng rộp màng sơn lớn nhất $\leq 3,0$ mm

Kém: $3,0$ mm < độ rộng phòng rộp màng sơn lớn nhất

Bảng 4

TT	Mạ nhúng nóng										Điều kiện sản xuất			Đánh giá		Ghi chú		
	Thành phần (% khối lượng)		Đường kính lớn của Mg ₂ Si (μm)	Tỷ lệ đường kính bề/đường kính lớn của Mg ₂ Si	Độ dày lớp phủ (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Đường kính tính thể hình cây (μm)	Vết nứt ở công thức (2)	Hàm lượng Mg ₂ Si (% khối lượng)	Tỷ lệ diện tích Mg ₂ Si (%)	Tỷ lệ hàm lượng Mg ₂ Si/Al	Độ dày lớp hợp kim phân giới (μm)	Vết nứt ở công thức (1)	Nhiệt độ bể kim loại nóng chảy (°C)	Nhiệt độ nguội thử nhất (°C)		Tốc độ nguội trung bình (°C/giây)	
																	Đến nhiệt độ nguội thử nhất	Từ nhiệt độ nguội thử nhất đến 380°C
62	55	3,2	1,5	7	0,1	17	10,9	1,6	2,4	5,2	0,01	0,9	590	540	5	23	Tốt	Ví dụ
63	55	5,6	1,5	8	0,2	15	9,6	1,6	2,6	5,5	0,01	0,9	590	540	5	23	Rất tốt	Ví dụ
64	55	7,3	1,5	6	0,2	16	10,1	1,6	2,5	5,3	0,01	0,8	590	540	5	23	Rất tốt	Ví dụ
65	55	10,5	1,5	7	0,2	17	10,8	1,6	2,6	5,5	0,01	0,9	590	540	5	23	Rất tốt	Ví dụ
66	55	14,2	1,5	7	0,2	17	10,7	1,6	2,5	5,3	0,01	0,9	590	540	5	23	Tốt	Ví dụ
67	55	5,6	3,1	8	0,2	17	10,5	1,6	4,8	8,3	0,02	0,5	590	590	5	38	Rất tốt	Ví dụ
68	55	7,3	3,1	8	0,2	15	9,1	1,6	6,8	10,5	0,03	0,7	590	540	5	23	Rất tốt	Ví dụ
69	30	4,8	2,9	6	0,2	17	10,5	1,6	6,4	10,1	0,03	0,5	560	520	5	23	Tốt	Ví dụ
70	35	4,8	2,9	7	0,2	17	10,8	1,6	6,2	9,9	0,03	0,5	570	530	5	23	Tốt	Ví dụ
71	45	4,8	2,9	8	0,3	16	10,3	1,6	6,3	10,0	0,03	0,7	590	540	5	23	Tốt	Ví dụ
72	65	4,8	2,9	8	0,2	18	11,2	1,6	6,3	10,0	0,03	0,7	590	540	5	23	Tốt	Ví dụ
73	70	4,8	2,9	8	0,2	18	11,5	1,6	6,1	9,8	0,03	0,9	620	570	5	23	Tốt	Ví dụ
74	55	0,0	1,5	Không có Mg ₂ Si	Không có Mg ₂ Si	15	15,0	1,0	0,0	0,00	1,2	0,0	590	540	5	23	Kém	Ví dụ so sánh

Có thể thấy được từ bảng 4 là trong trường hợp các mẫu có hàm lượng Mg lớn hơn 5% khối lượng, ngược lại với các mẫu có hàm lượng Mg là 5% khối lượng hoặc nhỏ hơn, độ rộng phòng rộp màng sơn lớn nhất được hạn chế là 2,5 mm hoặc nhỏ hơn, và các loại tấm thép mạ hợp kim Al-Zn nhúng nóng đạt được khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ rất tốt.

Theo đó, có thể thấy rằng trong số các mẫu của các “ví dụ”, có thể thu được tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn sau khi sơn phủ rất tốt bằng cách điều chỉnh hàm lượng Mg trong lớp mạ nhúng nóng trong phạm vi thích hợp.

Khả năng áp dụng công nghiệp

Theo sáng chế, có thể đề xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng có khả năng chống ăn mòn tốt ở các phần phẳng và các phần mép, và cũng có khả năng chống ăn mòn rất tốt ở phần chịu tác động, và cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng này.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng bao gồm:

tấm thép nền và lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt của tấm thép nền, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng bao gồm lớp hợp kim phân giới tại bề mặt tiếp xúc với tấm thép nền và lớp mạ chính nằm trên lớp hợp kim phân giới, và gồm có từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, tùy chọn từ 0,2% khối lượng đến 25% khối lượng Ca, lựa chọn một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Mn, V, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 10% khối lượng, và lượng Zn cân bằng và các tạp chất cho phép, và

hàm lượng Mg và hàm lượng Si trong lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (1):

$$M_{\text{Mg}} / (M_{\text{Si}} - 0,6) > 1,7 \quad (1)$$

trong đó M_{Mg} là hàm lượng Mg tính theo % khối lượng và M_{Si} là hàm lượng Si tính theo % khối lượng, và trong đó:

lớp mạ chính bao gồm các vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al, và đường kính tinh thể trung bình của các vùng tinh thể hình cây thuộc pha α -Al và độ dày của lớp mạ nhúng nóng thỏa mãn công thức (2):

$$t/d \geq 1,5 \quad (2)$$

trong đó t là độ dày của lớp mạ nhúng nóng tính theo μm và d là đường kính tinh thể trung bình tính theo μm .

2. Tấm thép mạ theo điểm 1, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và hàm lượng Mg_2Si trong lớp mạ chính là 1,0% khối lượng hoặc cao hơn.

3. Tấm thép mạ theo điểm 1, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và tỷ lệ diện tích của Mg_2Si trong mặt cắt ngang của lớp mạ chính là 1% hoặc cao hơn.

4. Tấm thép mạ theo điểm 1, trong đó:

lớp mạ chính chứa Mg_2Si , và theo kết quả phân tích nhiễu xạ tia X, tỷ lệ cường độ

hiều xạ trên các mặt tinh thể Mg_2Si (111) có khoảng cách giữa các mặt tinh thể d là 0,367 nm so với cường độ nhiễu xạ trên các mặt tinh thể Al (200) có khoảng cách giữa các mặt tinh thể d là 0,202 nm là 0,01 hoặc cao hơn.

5. Tấm thép mạ theo điểm bất kỳ từ 1 đến 4, trong đó:

lớp hợp kim phân giới có độ dày là 1 μm hoặc nhỏ hơn.

6. Tấm thép mạ theo điểm bất kỳ từ 1 đến 5, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng có độ dày 27 μm hoặc nhỏ hơn.

7. Tấm thép mạ theo điểm bất kỳ từ 1 đến 6, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 2,3% khối lượng đến 5% khối lượng Si, và từ 3% khối lượng đến 10% khối lượng Mg.

8. Tấm thép mạ theo điểm bất kỳ từ 1 đến 6, trong đó:

lớp mạ nhúng nóng chứa từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 5% khối lượng đến 10% khối lượng Mg.

9. Tấm thép mạ theo điểm bất kỳ từ 1 đến 8, trong đó:

lớp mạ chính chứa các hạt Mg_2Si , và tỷ lệ đường kính bé so với đường kính lớn của các hạt Mg_2Si là 0,3 hoặc nhỏ hơn.

10. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ Al-Zn-Mg-Si nhúng nóng theo điểm 1, phương pháp bao gồm:

mạ nhúng nóng tấm thép nền bằng cách nhúng tấm thép nền trong bể kim loại nóng chảy gồm có từ 25% khối lượng đến 80% khối lượng Al, từ ít nhất 0,6% khối lượng đến 15% khối lượng Si, và từ ít nhất 0,1% khối lượng đến 25% khối lượng Mg, tùy chọn từ 0,2% khối lượng đến 25% khối lượng Ca, lựa chọn một hoặc nhiều kim loại được chọn từ Mn, V, Mo, Ti, Sr, Ni, Co, Sb, và B với tổng hàm lượng nằm trong khoảng từ 0,01% khối lượng đến 10% khối lượng, lượng cân bằng Zn và các tạp chất cho phép,

sau đó làm nguội tấm thép đã mạ nhúng nóng đến nhiệt độ nguội thứ nhất ở tốc độ nguội trung bình thấp hơn 10°C/giây, nhiệt độ nguội thứ nhất không cao hơn nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy và không thấp hơn 50°C so với nhiệt độ của bể kim loại nóng chảy, và

sau đó để nguội tấm thép đã mạ nhúng nóng từ nhiệt độ nguội thứ nhất đến 380°C ở tốc độ nguội trung bình là $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn.

FIG. 1A

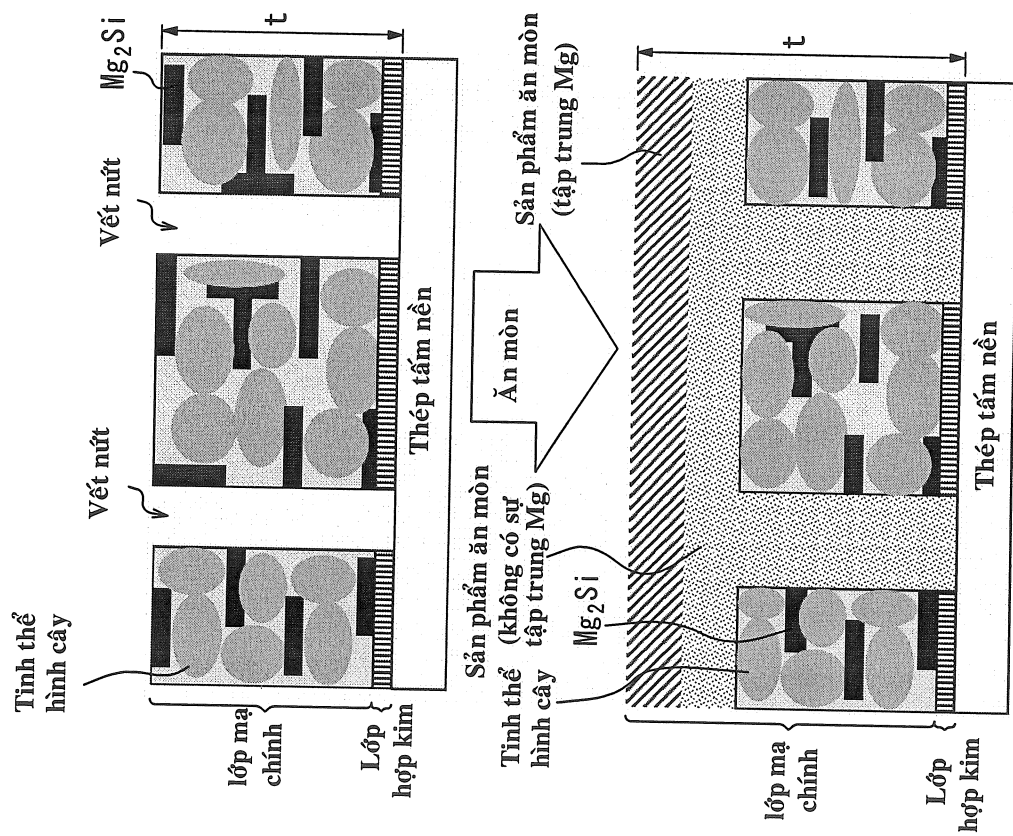


FIG. 1B

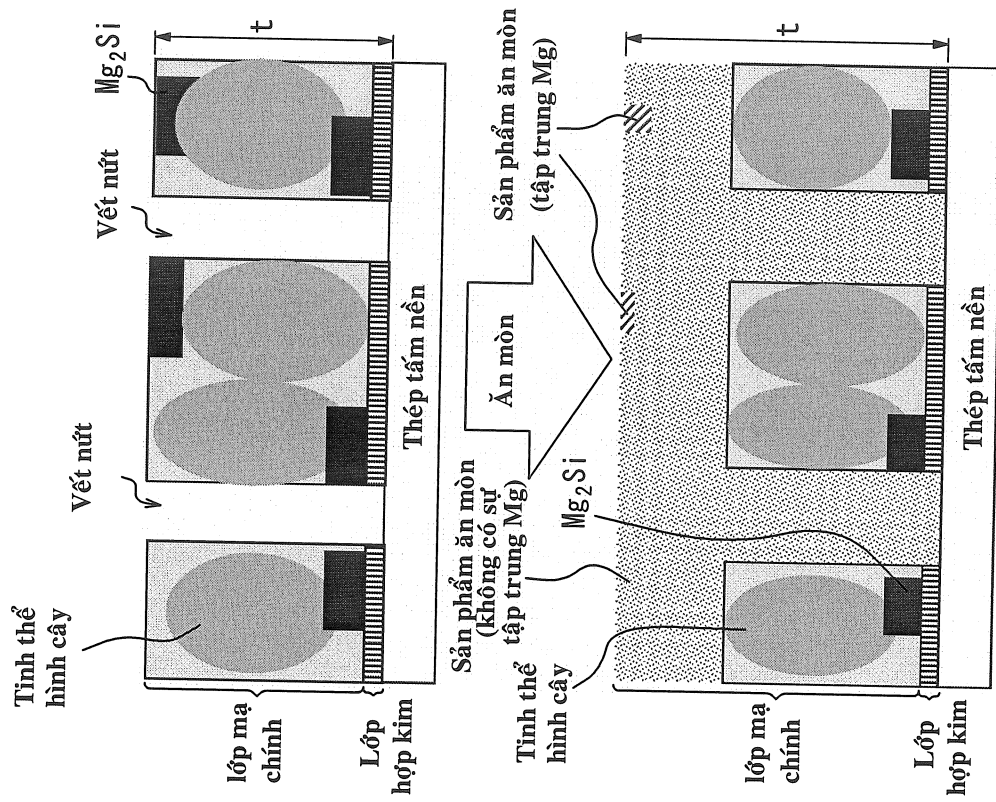


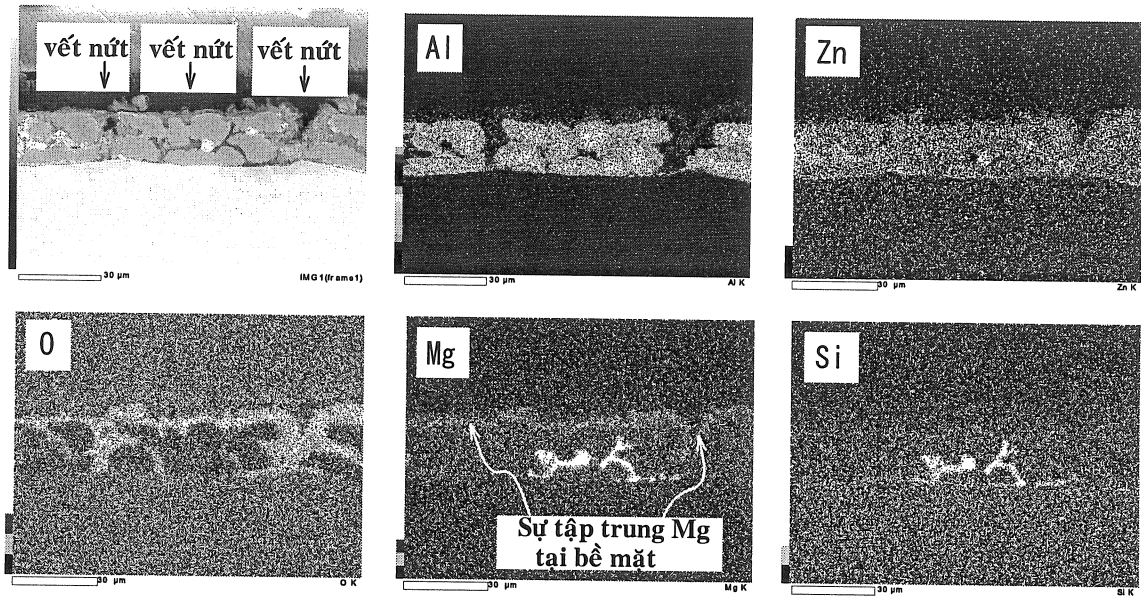
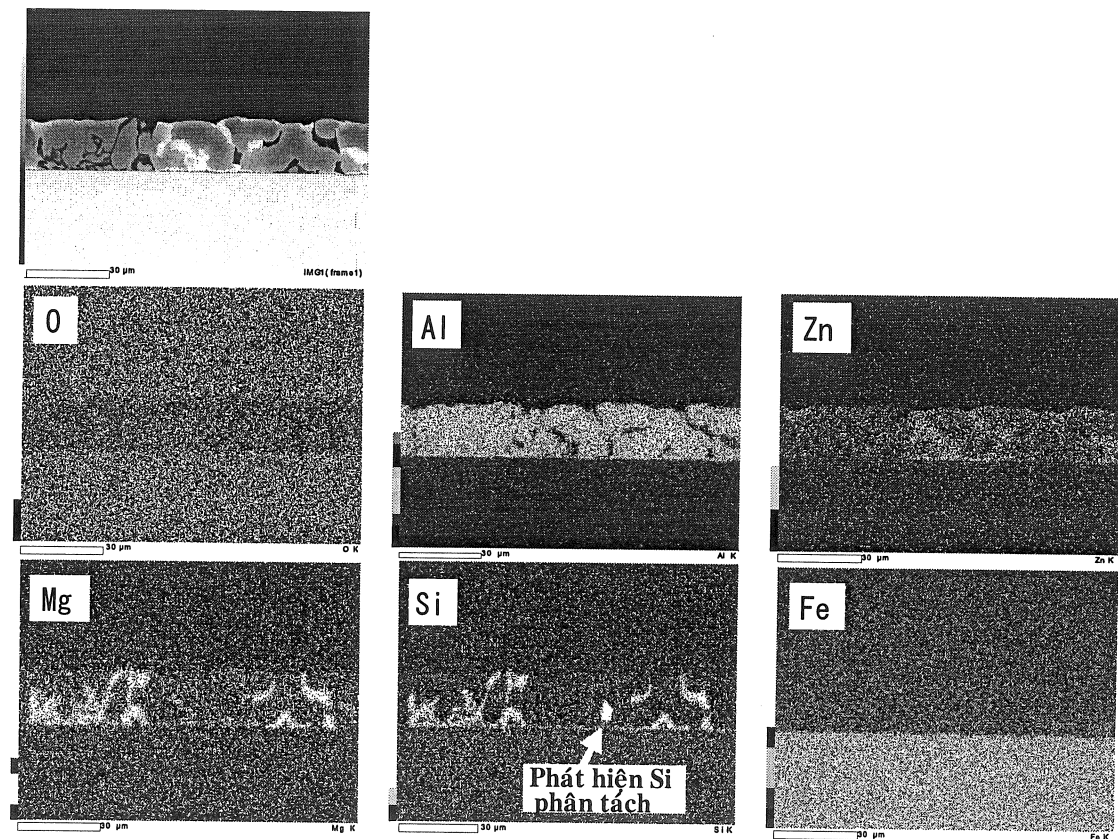
FIG. 2*FIG. 3*

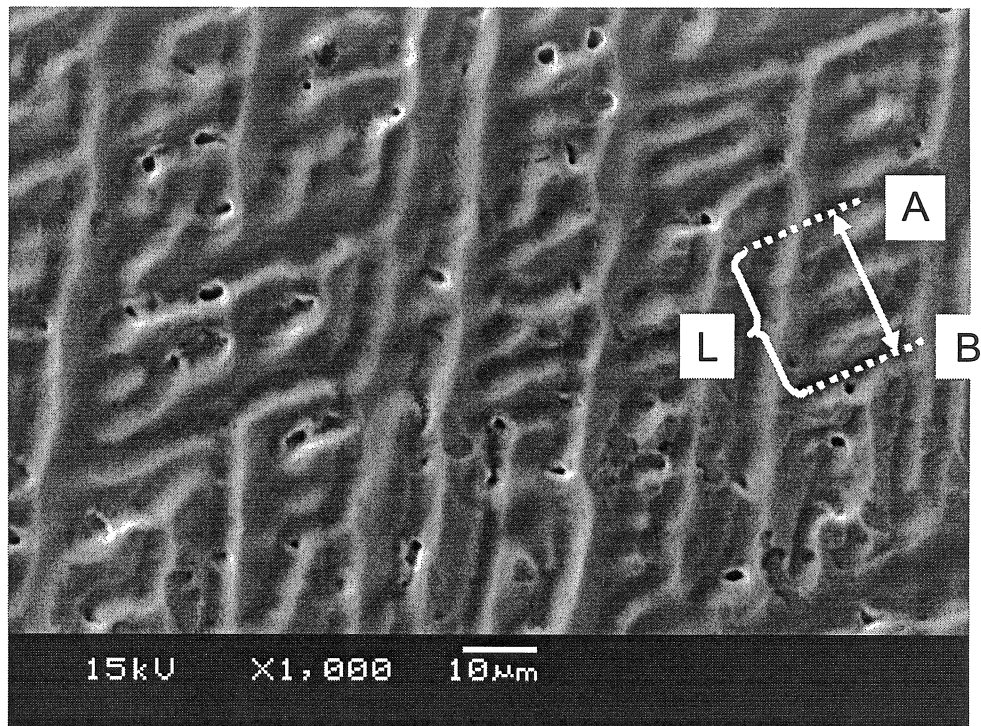
FIG. 4

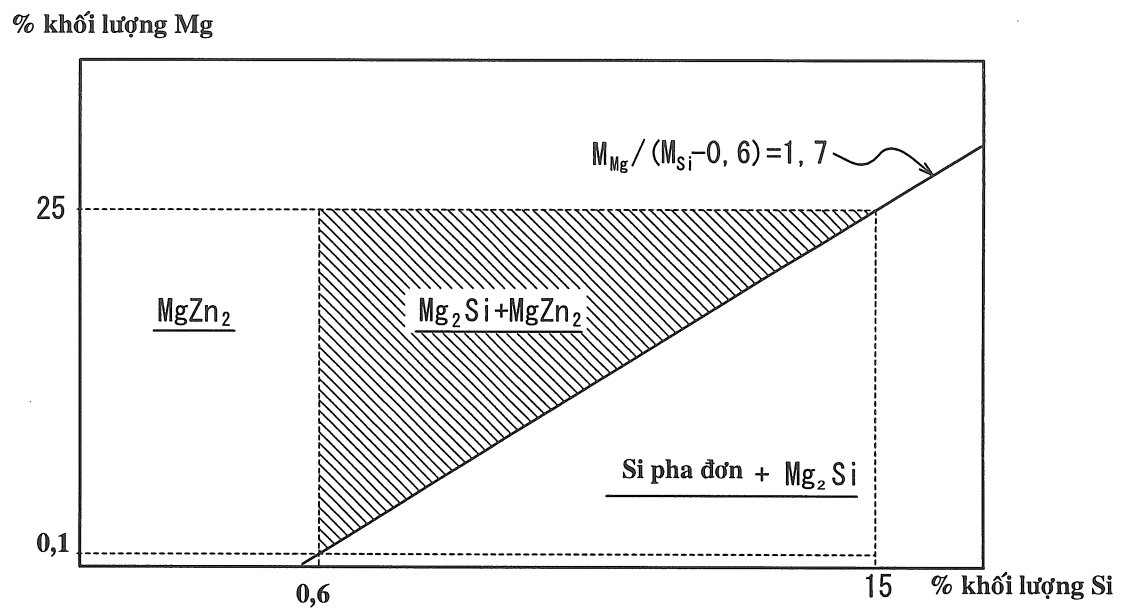
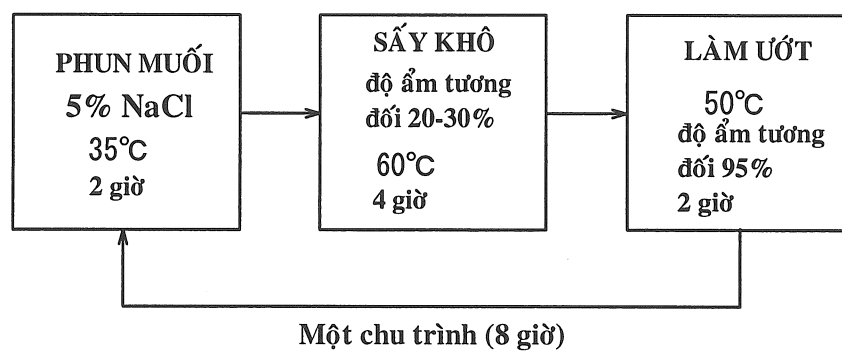
FIG. 5*FIG. 6*

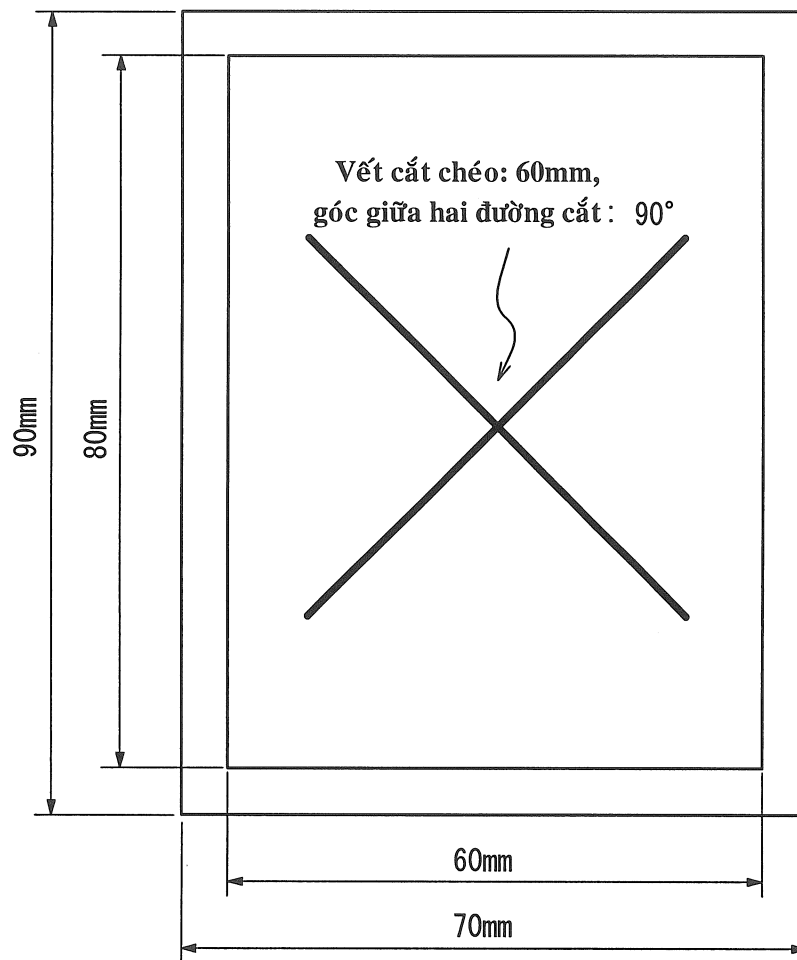
FIG. 7

FIG. 8

