



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0044979

(51)^{2020.01} C22C 18/00; C22C 21/00; C23C 2/40; (13) B
C22C 38/04; C23C 2/06; C23C 2/26;
C22C 18/04; C22C 38/00

(21) 1-2021-08300

(22) 16/04/2020

(86) PCT/JP2020/016794 16/04/2020

(87) WO2020/261723 A1 30/12/2020

(30) 2019-119451 27/06/2019 JP

(45) 25/04/2025 445

(43) 25/04/2022 409A

(71) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

(72) TOKUDA, Kohei (JP); SAITO, Mamoru (JP); MAKI, Jun (JP); MITSUNOBU,
Takuya (JP); GOTO, Yasuto (JP).

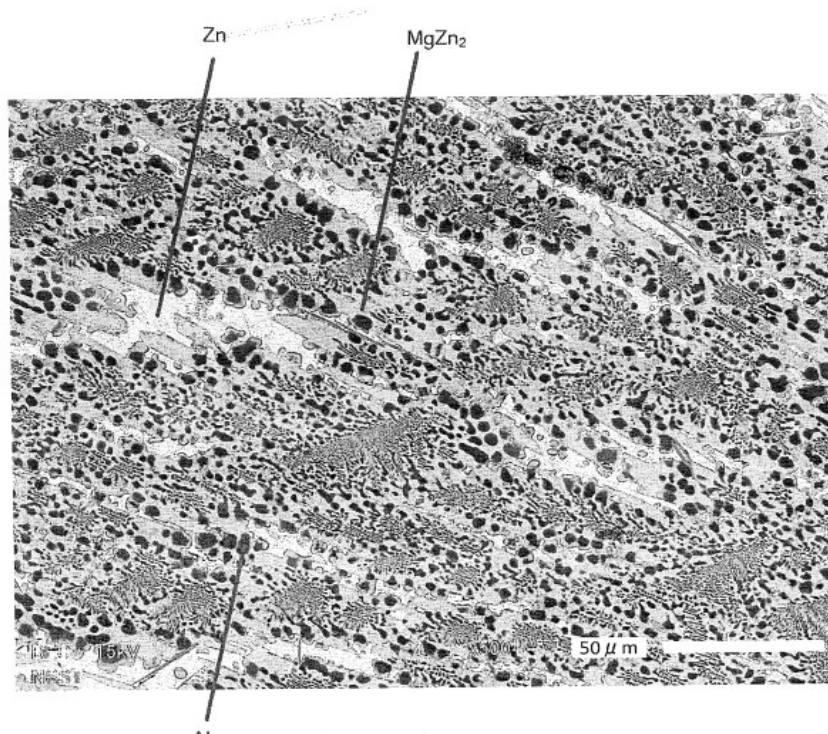
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) SẢN PHẨM THÉP PHỦ

(21) 1-2021-08300

(57) Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép phủ nhúng nóng bao gồm: sản phẩm thép; và lớp phủ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$, và chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn, và lớp phủ này có thành phần hóa học thỏa mãn thành phần trung bình đã được xác định trước, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ lớn hơn hoặc bằng 70%, tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 30%, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al nhỏ hơn $88\text{mm}/\text{mm}^2$, và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ là nhỏ hơn 100.

Fig.1



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép phủ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, có nhu cầu sử dụng các sản phẩm thép nền khác nhau (các sản phẩm thép cần được phủ) làm các sản phẩm thép phủ. Chẳng hạn, một trường hợp giả định là sản phẩm thép chứa một lượng lớn các nguyên tố hợp kim trong kim loại nền và có các tính chất bề mặt khác nhau (sản phẩm thép rất bền kéo, sản phẩm tấm dày (như sản phẩm tấm thép cán nóng), hoặc sản phẩm tương tự)) được sử dụng làm sản phẩm thép nền.

Tuy nhiên, mục đích lâu dài của sản phẩm thép phủ nhúng nóng là luôn luôn tạo ra các tấm thép phủ có lớp hoàn thiện bề mặt giống nhau mà không phụ thuộc vào các tính chất của kim loại nền.

Trong trường hợp trong đó trạng thái bề mặt của sản phẩm thép thay đổi, sự không có lớp phủ có xu hướng xuất hiện trên bề mặt của lớp phủ, sự thiên tích do hóa rắn có xu hướng xuất hiện ở một vị trí cụ thể, dễ dàng gây ra các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt (chẳng hạn, các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt như hoa văn loang lổ và hoa văn sọc).

Đặc biệt, trong sản phẩm thép phủ loại đa nguyên tố (sản phẩm thép phủ chứa ba hoặc nhiều nguyên tố trong lớp phủ) trong đó hiện tượng hóa rắn của lớp phủ phức tạp, các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt như vậy thường xảy ra nhiều hơn so với sản phẩm thép phủ Zn và sản phẩm thép phủ hai thành phần. Do đó, việc kiểm soát lớp hoàn thiện bề mặt của sản phẩm thép phủ loại đa nguyên tố là một hạng mục rất quan trọng.

Để làm phương pháp kiểm soát lớp hoàn thiện bề mặt, có phương pháp xử lý sơ bộ sản phẩm thép nền để truyền lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều đến sản phẩm thép phủ, như phương pháp xử lý sơ bộ gồm bước mài hoặc tẩy gỉ kim loại nền. Ngoài ra, trong quá trình xử lý phủ, còn có phương pháp truyền lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều đến sản phẩm thép phủ bằng cách kiểm soát các điều kiện làm nguội hoặc bổ sung các lượng nhỏ của các hợp phần nguyên tố hợp kim.

Đặc biệt, để truyền lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều đến sản phẩm thép phủ, phương pháp tạo ra các vảy kim loại thường được thực hiện. Để truyền lớp hoàn thiện bề mặt cụ thể đến sản phẩm thép phủ, kỹ thuật tạo ra các vảy kim loại trên tấm thép phủ trên cơ sở Al-Zn được sử dụng hiện nay.

Các sản phẩm thép Galvalume được phổ biến rộng rãi trên thị trường là các sản phẩm thép phủ trên cơ sở Al-Zn, và có lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều nhờ sự hình thành vảy kim loại, điều này dẫn đến tác dụng che giấu các khuyết tật và loại tương tự tạo ra trên bề mặt của lớp phủ trong quá trình sản xuất và vận chuyển có kiểm soát.

Trong sản phẩm thép phủ trên cơ sở Al-Zn, vảy kim loại được tạo ra trước tiên khi pha Al được phát triển thô trong lớp phủ ở trạng thái trong đó nồng độ Al đủ cao.

Ngoài các sản phẩm thép Galvalume, ngay cả trong trường hợp của các sản phẩm thép phủ Zn (sản phẩm thép phủ Zn nhúng, sản phẩm thép phủ Zn cho đường ống, hoặc loại tương tự), sự hình thành vảy kim loại có thể được thực hiện.

Trong sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn, vảy kim loại được tạo ra trước tiên khi pha Zn được phát triển thô trong lớp phủ ở trạng thái trong đó nồng độ Zn đủ cao.

Chẳng hạn, tài liệu sáng chế 1 hoặc tài liệu tương tự bộc lộ kỹ thuật để tạo ra các vảy kim loại trên sản phẩm thép phủ bằng cách phát triển pha đơn của kim loại tinh khiết như pha Al hoặc pha Zn.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Đơn yêu cầu cấp Bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản (JP-A) số 2001-207249

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Tuy nhiên, nói chung, trong trường hợp của sản phẩm thép phủ là loại đa nguyên tố chứa một lượng lớn các nguyên tố và có lớp phủ có nồng độ Al thấp (lượng Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng) trong đó pha Al không thể chiếm thể tích đủ trong lớp phủ, sẽ khó tạo ra các vảy kim loại trên bề mặt của lớp phủ. Ngay cả trong trường hợp trong đó

các vảy kim loại có thể được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt là thấp.

Do đó, mục đích của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra và các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt được che giấu hiệu quả bởi các vảy kim loại này, mặc dù sản phẩm thép phủ có lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng.

Giải pháp để giải quyết vấn đề

Các biện pháp cụ thể để giải quyết vấn đề bao gồm các khía cạnh sau đây.

(1) Sản phẩm thép phủ nhúng nóng bao gồm: sản phẩm thép; và lớp phủ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép này,

trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$, và chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn, và

lớp phủ gồm có, dựa trên cơ sở thành phần trung bình và % khối lượng:

Zn: lớn hơn hoặc bằng 45,00%;

Al: lớn hơn 5,0% và nhỏ hơn 35,0%;

Mg: lớn hơn 3,0% và nhỏ hơn 15,0%;

Sn: từ 0,01% đến nhỏ hơn 5,00%;

Bi: từ 0% đến nhỏ hơn 1,0%;

In: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ca: từ 0% đến nhỏ hơn 3,00%;

Y: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

La: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ce: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Si: từ 0% đến nhỏ hơn 2,5%;

Cr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ti: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ni: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Co: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

V: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Nb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Cu: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Mn: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Fe: từ 0% đến 5,0%;

Sr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Sb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Pb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

B: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%; và

các tạp chất, và

trong đó lớp phủ này có thành phần hóa học thỏa mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

công thức 1: $Bi + In < Sn$;

công thức 2: $Y + La + Ce < Ca$;

công thức 3: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$;

công thức 4: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$; và

công thức 5: $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323 \leq (Mg) \leq -0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$,

trong đó, trong các công thức từ 1 đến 5 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng,

trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa chiều dày lớp, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha

MgZn₂ lớn hơn hoặc bằng 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 30%, và

trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy 1000μm × 700μm được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức độ bằng một nửa chiều dày lớp, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al nhỏ hơn 88mm/mm² và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng 50μm là nhỏ hơn 100.

(2) Sản phẩm thép phủ theo mục (1), trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp phủ thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp phủ, mặt cắt ngang được cắt theo hướng chiều dày, ở phạm vi nhìn thấy 250μm × 700μm và độ phóng đại 500 lần bằng kính hiển vi điện tử quét, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn₂ ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{surface}), tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn₂ ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}), và tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn₂ ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}) thỏa mãn các công thức 6 và 7 sau đây:

công thức 6: $0,90 \leq (L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}})$; và

công thức 7: $(L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,10$.

(3) Sản phẩm thép phủ theo mục (1) hoặc (2), trong đó lớp phủ có nồng độ Mg lớn hơn hoặc bằng 5%, dựa trên cơ sở thành phần trung bình và % khối lượng, và thỏa mãn các công thức từ 8 đến 11 sau đây:

công thức 8: $0,01 \leq \text{Sn} < 0,25$;

công thức 9: $0,05 < \text{Ca} < 0,5$;

công thức 10: $\text{Sn} + 0,02 \leq \text{Ca}$ trong trường hợp trong đó $0,01 \leq \text{Sn} \leq 0,05$; và

công thức 11: $\text{Sn} < \text{Ca}$ trong trường hợp trong đó $0,05 < \text{Sn} < 0,25$;

trong đó, trong các công thức từ 8 đến 11 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng.

Tác dụng có lợi của sáng chế

Theo sáng chế, có thể tạo ra sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra và các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt được che giấu hiệu quả bởi các vảy kim loại này, mặc dù sản phẩm thép phủ có lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là ảnh điện tử tán xạ ngược nhận được bằng kính hiển vi điện tử quét (scanning election microscopy, SEM) (độ phóng đại: 500 lần) thể hiện một ví dụ về bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg của sản phẩm thép phủ của sáng chế (bề mặt của lớp trên đó các vảy kim loại được tạo ra).

Fig.2 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (độ phóng đại: 100 lần) thể hiện một ví dụ về bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg của sản phẩm thép phủ của sáng chế (bề mặt của lớp trên đó các vảy kim loại được tạo ra).

Fig.3 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (độ phóng đại: 500 lần) thể hiện một ví dụ về mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg của sản phẩm thép phủ của sáng chế (mặt cắt ngang của lớp trên đó các vảy kim loại được tạo ra).

Fig.4 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (độ phóng đại: 500 lần) thể hiện một ví dụ về bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg của một sản phẩm thép phủ thông thường (bề mặt của lớp trên đó không có vảy kim loại được tạo ra).

Fig.5 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (độ phóng đại: 500 lần) thể hiện một ví dụ về mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg của sản phẩm thép phủ thông thường (mặt cắt ngang của lớp trên đó không có vảy kim loại được tạo ra).

Fig.6A và Fig.6B là các sơ đồ hoa văn để giải thích phương pháp đo tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây, một ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả.

Trong bản mô tả này, dấu hiệu “%” của hàm lượng của mỗi nguyên tố của thành phần hóa học có nghĩa là “% khối lượng”.

Một khoảng bằng số được biểu thị bằng cách sử dụng từ “đến” có nghĩa là

khoảng bao gồm các giá trị bằng số trước và sau từ “đến” như là giới hạn dưới và giới hạn trên.

Một khoảng bằng số khi giá trị bằng số được mô tả trước hoặc sau từ “đến” được thêm vào cụm từ “lớn hơn” hoặc “nhỏ hơn” có nghĩa là khoảng không bao gồm giá trị bằng số đó như là giới hạn dưới hoặc giới hạn trên.

Hàm lượng của nguyên tố của thành phần hóa học có thể được biểu thị dưới dạng nồng độ nguyên tố (chẳng hạn, nồng độ Zn hoặc nồng độ Mg).

Thuật ngữ “bước” không chỉ đề cập đến một bước độc lập mà còn đề cập đến bước không được phân biệt rõ ràng với các bước khác miễn là đạt được mục đích dự định của bước đó.

“X% hoặc X + ký hiệu nguyên tố (chẳng hạn, 19% Al hoặc 19 Al)” cho biết rằng nồng độ nguyên tố đích là X% (chẳng hạn, nồng độ Al là 19%). Lưu ý rằng nồng độ Zn được chỉ ra bằng “X% hoặc X + ký hiệu nguyên tố” là nồng độ còn lại. Chẳng hạn, dấu hiệu “Zn-10Al-5,1Mg-0,1Ca” hoặc dấu hiệu “Zn-10%Al-5,1%Mg-0,1%Ca” có nghĩa là nồng độ Al là 10%, nồng độ Mg là 5,1%, nồng độ Ca là 0,1%, và nồng độ Zn là nồng độ còn lại.

Thuật ngữ “mặt cắt ngang của lớp” dùng để chỉ mặt cắt ngang thu được bằng cách cắt lớp này dọc theo hướng chiều dày.

Thuật ngữ “bề mặt của lớp” dùng để chỉ bề mặt hướng ra phía ngoài của tấm thép, bề mặt đối diện hướng chiều dày của lớp.

Thuật ngữ “vảy kim loại” là hoa văn có một mức ánh kim nhất định và trong đó kiểu hoa văn hình học được tạo ra bởi phản ứng hóa rắn kim loại có thể nhận ra được bằng mắt thường được lặp đi lặp lại nhiều lần.

Sản phẩm thép phủ của sáng chế là sản phẩm thép phủ nhúng nóng bao gồm: sản phẩm thép; và lớp phủ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$, và chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn.

Hơn nữa, sản phẩm thép phủ của sáng chế có thành phần trung bình đã được xác định trước và thành phần hóa học thỏa mãn các công thức từ 1 đến 5, sẽ được mô tả sau

đây, bằng cách đó ngay cả trong trường hợp trong đó sản phẩm thép phủ của sáng chế có lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng, vẫn có thể thu được sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra và các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt được che giấu hiệu quả bởi các vảy kim loại này.

Ở đây, sản phẩm thép phủ của sáng chế đã được tìm ra bởi các phát hiện sau đây.

Trước tiên, sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg đã được sử dụng chủ yếu cho lớp phủ trên cơ sở Zn hiện nay mà có khả năng chống ăn mòn cao. Tuy nhiên, để kiểm soát lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại, cần thiết xem xét tác động của Mg, chứ không phải là sản phẩm thép phủ trên cơ sở Al-Zn (vảy kim loại được tạo ra bởi sự phát triển của pha Al) được đặc trưng bởi sản phẩm thép Galvalume thông thường. Do đó, chưa tìm ra được kỹ thuật để tạo ra các vảy kim loại để làm cho lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại đồng nhất.

Với việc mở rộng sản xuất sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg, các loại thép khác nhau đã được sử dụng làm các vật liệu nền cho lớp phủ. Tuy nhiên, khi nguyên tố khác với Fe được chứa trong thép dưới dạng vật liệu nền cho lớp phủ, sự thay đổi lớp hoàn thiện bề mặt không mong muốn có thể xảy ra trên bề mặt lớp phủ, và có thể gây ra các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt. Đặc biệt, các vết đốm cục bộ và các khuyết tật dễ thấy trên bề mặt lớp phủ với ánh tương đương với ánh bề mặt gương kim loại. Trong kiểu hoa văn vảy kim loại được thể hiện bởi galvalume, các vết đốm mịn, các khuyết tật, và loại tương tự ít có thể nhận ra được hơn so với ánh kim loại.

Trong sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg, kỹ thuật để tạo ra các vảy kim loại được thiết lập, để có thể cung cấp sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg trong đó độ đồng nhất của lớp hoàn thiện bề mặt được bảo đảm mà không phụ thuộc vào các hợp phần của kim loại nền. Do đó, có thể sử dụng rất nhiều loại thép, và ứng dụng của sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg có thể được mở rộng.

Nhờ sự nghiên cứu bởi các tác giả sáng chế, đã thu được các phát hiện sau đây.

Vùng được tạo ra bởi vảy kim loại được xác nhận bằng cách sản xuất sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg trong đó một loạt các thành phần hợp phần được thay đổi. Trong trường hợp trong đó thành phần quanh đường eutectic trong giản đồ pha được

chọn, có vùng có thành phần hóa học của lớp phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra một cách dễ dàng.

Trong trường hợp trong đó sản phẩm thép phủ được sản xuất trong điều kiện đã được xác định trước với thành phần hóa học đã được xác định trước, có thể tạo ra các vảy kim loại mịn đồng đều trên tấm thép phủ và sản xuất được sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg có lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều vượt trội ở mức độ có thể quan sát được bằng mắt thường.

Nói cách khác, trong trường hợp trong đó sản phẩm thép phủ được sản xuất trong điều kiện đã được xác định trước với thành phần hóa học đã được xác định trước, “cấu trúc eutectic Al-MgZn₂” giữ cùng một vai trò như pha Al trên bề mặt của lớp phủ được tạo ra trong lớp phủ ở một tỷ lệ diện tích nhất định, và phát triển về phía bề mặt lớp phủ từ mặt phân cách giữa lớp phủ và sản phẩm thép. Do đó, có thể tạo ra các vảy kim loại mịn đồng đều trên tấm thép phủ, và có thể sản xuất được sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg có lớp hoàn thiện bề mặt đồng đều vượt trội ở mức độ có thể quan sát được bằng mắt thường.

Một ví dụ cụ thể của nó sẽ được mô tả dưới đây.

Chẳng hạn, trong trường hợp trong đó sản phẩm thép phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg (thành phần của lớp phủ: Zn-10%, 15%, 20% hoặc 25%, Al-x%Mg-0,1% hoặc 1,5% Sn-) được sản xuất bằng cách thay đổi nồng độ Mg của lớp phủ, có vùng trong đó vảy kim loại mịn cỡ μm (nghĩa là, vảy kim loại mịn khác với vảy kim loại sẽ được tạo ra với cỡ mm, như sản phẩm thép phủ trên cơ sở Al-Zn) được tạo ra trên lớp hoàn thiện bề mặt, đặc biệt phụ thuộc vào nồng độ Mg.

Là kết quả thu được bằng cách thay đổi nồng độ Al và nồng độ Mg và xác nhận chúng, vùng được tạo ra bởi các vảy kim loại mịn được tạo ra trong vùng thành phần gần với đường eutectic pha lỏng trong giản đồ pha Zn-Al-Mg.

Trong khoảng trong đó nồng độ Mg và nồng độ Al không thích hợp, phản ứng hóa rắn của lớp phủ không xảy ra trên đường eutectic của pha Al-pha MgZn₂, nên không có vảy kim loại được tạo ra.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chi tiết cấu trúc của lớp phủ trong

đó các vảy kim loại được tạo ra. Do đó, đã thu được các phát hiện dưới đây.

Trước tiên, khi bề mặt của lớp phủ được quan sát, trong “bề mặt của lớp phủ” trong đó các vảy kim loại được tạo ra, toàn bộ pha Al-pha $MgZn_2$ tạo ra cấu trúc mượt như lông tơ, và pha Al- $MgZn_2$ giống cánh hoa (vảy kim loại) có kích thước cỡ μm được tạo ra trên bề mặt (xem Fig.1 và Fig.2).

Trong “bề mặt của lớp phủ” trong đó không có vảy kim loại được tạo ra, pha Al dạng cành thô có mặt (xem Fig.4), trong khi đó trong “bề mặt của lớp phủ” trong đó các vảy kim loại được tạo ra, không có pha Al dạng cành thô có mặt, và toàn bộ bề mặt bao gồm pha Al-pha $MgZn_2$ mịn và pha Zn (xem Fig.1 và Fig.2).

Như được mô tả ở trên, có sự khác biệt rõ rệt giữa pha Al-pha $MgZn_2$ và các sản phẩm hiện có dựa trên sơ sở tất cả các pha Al có kích thước mịn và tỷ lệ diện tích của pha Al-pha $MgZn_2$ (cấu trúc mượt như lông tơ) có mặt trên bề mặt của lớp phủ.

Từ các phát hiện này, đã nhận thấy rằng, trong sản phẩm thép phủ của sáng chế, cấu trúc của lớp phủ cần phải có, chẳng hạn, các khía cạnh sau đây.

- Khía cạnh về cấu trúc (1) -

Trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ lớn hơn hoặc bằng 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 30%.

- Khía cạnh về cấu trúc (2) -

Trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al nhỏ hơn $88mm/mm^2$ và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ là nhỏ hơn 100.

Như được mô tả ở trên, đã nhận thấy rằng ngay cả trong trường hợp trong đó sản phẩm thép phủ của sáng chế có lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và

Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng, có thể thu được sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra và các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt được che giấu hiệu quả bởi các vảy kim loại.

Trong sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra, lớp hoàn thiện bề mặt thẩm mỹ được truyền cho lớp hoàn thiện bề mặt của bề mặt của lớp phủ, và khuyết tật đáng kể ở lớp hoàn thiện bề mặt được ngăn chặn.

Hơn nữa, khi mặt cắt ngang của lớp phủ được quan sát, trong “mặt cắt ngang của lớp phủ” trong đó các vảy kim loại được tạo ra, sự hình thành của pha Al-pha $MgZn_2$ bắt đầu từ mặt phân cách giữa sản phẩm thép của kim loại nền và lớp phủ cũng như sự phát triển xuyên thấu từ mặt phân cách đến bề mặt được xác nhận (xem mũi tên trên Fig.3).

Trong “mặt cắt ngang của lớp phủ” trong đó không có vảy kim loại được tạo ra, xác nhận được rằng pha Al-pha $MgZn_2$ được phát triển theo các hướng ngẫu nhiên (xem các mũi tên trên Fig.5).

Như được mô tả ở trên, có sự khác biệt rõ rệt về hình thái giữa pha Al-pha $MgZn_2$ và các sản phẩm hiện có.

- Khía cạnh về cấu trúc (3) -

Lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Al, pha $MgZn_2$, và pha Zn. Trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp phủ thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp phủ, mặt cắt ngang được cắt theo hướng chiều dày, ở phạm vi nhìn thấy $250\mu m \times 700\mu m$ và độ phóng đại 500 lần bằng kính hiển vi điện tử quét, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{surface}$), tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}), và tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{boarder}$) thỏa mãn các công thức 6 và 7 sau đây:

công thức 6: $0,9 \leq (L_{surface})/(L_{boarder})$; và

công thức 7: $(L_{medium})/(L_{boarder}) \leq 1,1$.

Trong Fig.1 đến Fig.5, Zn là pha Zn, Al là pha Al, và $MgZn_2$ là pha $MgZn_2$.

Sau đây, các chi tiết của sản phẩm thép phủ của sáng chế sẽ được mô tả.

Sản phẩm thép

Sản phẩm thép để được phủ (ở đây còn được gọi là “vật liệu nền cho lớp phủ”) sẽ được mô tả.

Về cơ bản, hình dạng của sản phẩm thép tốt hơn là dạng tấm. Tuy nhiên, sản phẩm thép không bị giới hạn đặc biệt miễn là nó là sản phẩm thép mà có thể được phủ bằng phương pháp oxy hóa-khử cũng như dây thép, thanh thép, và ống thép. Các ví dụ về sản phẩm thép bao gồm các sản phẩm thép được sản xuất bằng cách gia công tạo hình, hàn hoặc quy trình tương tự, như các vật liệu xây dựng công trình dân dụng bằng thép (như các ống hàng rào, các ống gợn sóng, các nắp đáy rãnh thoát nước, tấm chắn cho các tấm ngăn cát bị gió thổi, các bu lông, lưới kim loại, lan can bảo vệ, và các vách ngăn nước), các chi tiết của đồ điện gia dụng (như vỏ của các hệ thống điều hòa không khí ngoài trời), và các bộ phận của ô tô (như các chi tiết khung gầm). Chẳng hạn, các kỹ thuật tạo hình dẻo khác nhau, như dập, tạo hình bằng trục cán, uốn, và dập có thể được sử dụng để gia công tạo hình.

Vật liệu của sản phẩm thép không bị giới hạn đặc biệt. Chẳng hạn, các sản phẩm thép khác nhau như thép tổng hợp, thép được phủ sơ bộ bằng Ni, thép được làm lạnh bằng Al, thép cacbon cực thấp, thép cacbon cao, các thép rất bền kéo khác nhau, và một số thép hợp kim cao (như thép chứa nguyên tố tăng bền như Ni hoặc Cr) là có sẵn.

Sản phẩm thép không bị giới hạn đặc biệt về các điều kiện đối với phương pháp sản xuất sản phẩm thép, phương pháp sản xuất tấm thép hoặc phương pháp tương tự (như phương pháp cán nóng, phương pháp tẩy gỉ bằng axit, hoặc phương pháp cán nguội).

Sản phẩm thép có thể là sản phẩm thép phủ sơ bộ. Sản phẩm thép phủ sơ bộ thu được bằng, chẳng hạn, phương pháp xử lý điện phân hoặc phương pháp phủ nhúng. Trong phương pháp xử lý điện phân, sản phẩm thép phủ sơ bộ thu được bằng cách nhúng vật liệu nền cho lớp phủ sơ bộ trong bể sulphat hoặc bể clorua chứa các ion kim loại có các thành phần của lớp phủ sơ bộ khác nhau và thực hiện quá trình xử lý điện phân. Trong phương pháp phủ nhúng, sản phẩm thép phủ sơ bộ thu được bằng cách nhúng vật liệu nền cho lớp phủ trong dung dịch nước chứa các ion kim loại có các thành phần của lớp phủ sơ bộ khác nhau và có độ pH được điều chỉnh bằng axit sulfuric để thay thế kim

loại, và kết tủa kim loại.

Các ví dụ đại diện về sản phẩm thép phủ sơ bộ bao gồm các thép được phủ sơ bộ bằng Ni, các thép được phủ sơ bộ bằng Fe, và các thép được phủ sơ bộ bằng Fe-Ni.

Lớp phủ

Tiếp theo, lớp phủ sẽ được mô tả.

Lớp phủ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Lớp phủ này có thể bao gồm lớp hợp kim Al-Fe ngoài lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Lớp hợp kim Al-Fe được cung cấp giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Nghĩa là, lớp phủ có thể có cấu trúc đơn lớp gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg hoặc cấu trúc phân lớp bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe. Trong trường hợp của cấu trúc phân lớp, lớp hợp kim Zn-Al-Mg là lớp tạo nên bề mặt của lớp phủ.

Về vấn đề này, mặc dù màng oxit dày khoảng 50nm của nguyên tố tạo nên lớp kim loại được phủ được tạo ra trên bề mặt của lớp phủ, màng oxit này mỏng so với chiều dày của toàn bộ lớp phủ và được coi là không tương ứng với lớp phủ.

Ở đây, chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, chẳng hạn, lớn hơn hoặc bằng $2\mu\text{m}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $95\mu\text{m}$ (tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $75\mu\text{m}$).

Trong lúc đó, chiều dày của toàn bộ lớp phủ, chẳng hạn, nhỏ hơn hoặc bằng khoảng $100\mu\text{m}$. Do chiều dày của toàn bộ lớp phủ phụ thuộc vào các điều kiện phủ, giới hạn trên và giới hạn dưới của chiều dày của toàn bộ lớp phủ không bị giới hạn đặc biệt. Chẳng hạn, chiều dày của toàn bộ lớp phủ liên quan tới độ nhót và trọng lượng riêng của dung dịch phủ trong phương pháp phủ nhúng nóng thông thường. Hơn nữa, trọng lượng phủ được điều chỉnh bằng tốc độ kéo của tấm thép (tấm nền của lớp phủ) và cường độ gạt. Do đó, cho rằng giới hạn dưới của chiều dày của toàn bộ lớp phủ là khoảng $2\mu\text{m}$.

Ở đây, do trọng lượng và độ đồng nhất của kim loại của lớp phủ, lớp phủ có thể được sản xuất bằng phương pháp phủ nhúng nóng có chiều dày khoảng $95\mu\text{m}$.

Chiều dày của lớp phủ có thể được tự do xác định phụ thuộc vào tốc độ kéo ra khỏi dung dịch phủ và các điều kiện gạt, cho thấy rằng sự hình thành của lớp phủ có chiều dày nằm trong khoảng từ 2 đến $95\mu\text{m}$ không đặc biệt khó khăn về mặt sản xuất.

Tiếp theo, thành phần hóa học của lớp phủ sẽ được mô tả.

Thành phần hợp phần của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được chứa trong lớp phủ gần như được duy trì ngay cả trong trường hợp trong đó tỷ lệ thành phần hợp phần của dung dịch phủ tương ứng với lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Trong phương pháp phủ nhúng nóng, phản ứng để tạo ra lớp hợp kim Al-Fe được hoàn thành trong dung dịch phủ. Thông thường, sự hình thành lớp hợp kim Al-Fe như vậy chỉ gây ra sự giảm nhẹ các hợp phần Al và Zn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Ngay cả trong trường hợp của lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng, thành phần hóa học của lớp phủ là như sau: để nhận ra sự hình thành của các vảy kim loại và che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại.

Nghĩa là, thành phần hóa học của lớp phủ bao gồm, dựa trên cơ sở thành phần trung bình và % khối lượng:

Zn: lớn hơn hoặc bằng 45,00%;

Al: lớn hơn 5,0% và nhỏ hơn 35,0%;

Mg: lớn hơn 3,0% và nhỏ hơn 15,0%;

Sn: từ 0,01% đến nhỏ hơn 5,00%;

Bi: từ 0% đến nhỏ hơn 1,0%;

In: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ca: từ 0% đến nhỏ hơn 3,00%;

Y: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

La: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ce: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Si: từ 0% đến nhỏ hơn 2,5%;

Cr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ti: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ni: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Co: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

V: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Nb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Cu: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Mn: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Fe: từ 0% đến 5,0%;

Sr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Sb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Pb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

B: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%; và

các tạp chất.

Về vấn đề này, thành phần hóa học của lớp phủ thỏa mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

công thức 1: $Bi + In < Sn$;

công thức 2: $Y + La + Ce < Ca$;

công thức 3: $Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$;

công thức 4: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$; và

công thức 5: $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323 \leq (Mg) \leq -0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$;

trong đó, trong các công thức từ 1 đến 5 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng.

Trong thành phần hóa học của lớp phủ, Bi, In, Ca, Y, La, Ce, Si, Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, Mn, Fe, Sr, Sb, Pb, và B là các hợp phần tùy ý. Nghĩa là, hàm lượng của các nguyên tố này là 0%, và các nguyên tố này không cần được chứa trong lớp phủ. Trong trường hợp trong đó các hợp phần này tùy ý được chứa, hàm lượng của mỗi trong số các nguyên tố tùy ý tốt hơn là trong khoảng được mô tả dưới đây.

Ở đây, thành phần hóa học của lớp phủ là thành phần hóa học trung bình của toàn bộ lớp phủ (trong trường hợp trong đó lớp phủ có cấu trúc đơn lớp của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp trong đó lớp phủ có thành phần hóa học trung bình của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp phủ có cấu trúc phân lớp của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, hoặc trường hợp trong đó lớp phủ có thành phần hóa học trung bình của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg được phối hợp với nhau).

Thông thường, trong phương pháp phủ nhúng nóng, thành phần hóa học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg về cơ bản là giống như thành phần hóa học của dung dịch phủ do phản ứng hình thành của lớp phủ gần như được hoàn thành trong dung dịch phủ trong phần lớn mọi trường hợp. Trong phương pháp phủ nhúng nóng, lớp hợp kim Al-Fe được tạo ra ngay lập tức và phát triển ngay sau khi được nhúng trong dung dịch phủ. Phản ứng hình thành của lớp hợp kim Al-Fe được hoàn thành trong dung dịch phủ, và chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe thường nhỏ hơn vừa đủ so với chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Do đó, trừ khi quá trình xử lý nhiệt đặc biệt như quá trình xử lý nhiệt gia nhiệt/hợp kim hóa được thực hiện sau khi phủ, thành phần hóa học trung bình của toàn bộ lớp phủ về cơ bản là bằng thành phần hóa học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Có thể bỏ qua các hợp phần của lớp hợp kim Al-Fe hoặc tương tự.

Sau đây, mỗi nguyên tố của lớp phủ sẽ được mô tả.

Zn: lớn hơn hoặc bằng 45,00%

Zn là nguyên tố cần thiết để đạt được khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế cũng như khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng. Về nồng độ Zn xét theo tỷ lệ thành phần nguyên tử, vì lớp phủ được cấu tạo cùng với các nguyên tố có trọng lượng riêng thấp như Al và Mg, Zn cần phải có tỷ lệ lớn nhất trong tỷ lệ thành phần nguyên tử.

Vì các nguyên tố khác cần được chứa, lớp phủ (lớp phủ trên cơ sở Zn) chủ yếu bao gồm Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 45,00%.

Khi nồng độ Zn nhỏ hơn 45,00%, điểm nóng chảy của dung dịch phủ có xu hướng tăng, sự khuếch tán Fe ra khỏi kim loại nền trở nên có hiệu quả, và có xu hướng khó duy trì lớp hoàn thiện bề mặt của bản thân vảy kim loại ở vị trí thứ nhất. Do đó,

nồng độ Zn được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 45,00%. Nồng độ Zn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 70,00%. Giới hạn trên của nồng độ Zn là nồng độ của các nguyên tố khác với Zn và phần còn lại khác với các tạp chất.

Al: lớn hơn 5,0% và nhỏ hơn 35,0%

Al là nguyên tố cần thiết để chứa các nguyên tố khác ngoại trừ Zn trong lớp phủ (đặc biệt là, lớp Zn-Al-Mg). Trước tiên, các nguyên tố khác gần như không được chứa trong lớp phủ Zn (lớp Zn), và chẳng hạn, các nguyên tố như Mg, Ca, và Si không thể được bổ sung ở nồng độ cao. Tuy nhiên, Al được chứa trong lớp phủ Zn (lớp Zn), nên có thể tạo ra lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa các nguyên tố này.

Al tạo ra pha Al truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng biến dạng dẻo, và còn góp phần hình thành lớp hợp kim Al-Fe. Al là nguyên tố cần thiết để đảm bảo tính dính bám.

Khi nồng độ Al nhỏ hơn hoặc bằng 5,0%, có xu hướng khó có lớp phủ chứa các nguyên tố hợp kim truyền các đặc tính, ngoài Mg và Ca. Hơn nữa, mật độ Al thấp dẫn đến hình thành pha Al với lượng pha lớn đối với hàm lượng trên cơ sở khối lượng so với Zn.

Do Al tạo ra lõi của vảy kim loại như là một pha cấu thành chủ yếu trong quá trình hình thành vảy kim loại, giới hạn dưới của nồng độ Al là cần thiết. Khi nồng độ Al nhỏ hơn hoặc bằng 5,0%, lớp hợp kim Zn-Al-Mg có xu hướng chủ yếu gồm có pha Zn. Hơn nữa, pha Zn phát triển dưới dạng tinh thể sơ cấp, và do đó không có vảy kim loại được tạo ra bởi cấu trúc mượt như lông tơ của lớp phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg. Do đó, ngay cả khi các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp, và giới hạn dưới của nồng độ Al lớn hơn 5,0%.

Ngoài ra, điều này có thể dẫn tới sự giảm đáng kể khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng, từ quan điểm các tính chất. Từ quan điểm khả năng chống ăn mòn, không được ưu tiên là pha Zn trở thành pha thứ nhất của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Trong trường hợp trong đó pha Zn trở thành pha thứ nhất như được mô tả sau đây, cấu trúc eutectic bậc ba Zn-Al-MgZn₂ có khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng kém và khả năng tạo hình kém có thể được tạo ra, dẫn đến xu hướng làm xấu đi khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng tạo hình.

Ngoài ra, khi nồng độ Al nhỏ hơn hoặc bằng 5,0%, pha $MgZn_2$ có khả năng biến dạng dẻo kém có xu hướng phát triển thô dưới dạng tinh thể sơ cấp trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và khả năng tạo hình của lớp phủ có xu hướng xấu đi đáng kể.

Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Al được đặt đến lớn hơn 5,0% (tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 10,0%).

Lý do vì sao nồng độ Al tăng là cùng một lý do như sự giảm nồng độ Zn đã mô tả ở trên, và là điểm nóng chảy của dung dịch phủ có xu hướng tăng, sự khuếch tán Fe ra khỏi kim loại nền trở nên có hiệu quả, và có xu hướng khó duy trì lớp hoàn thiện bề mặt của bản thân vảy kim loại ở vị trí thứ nhất.

Từ quan điểm các tính chất, tỷ lệ của pha Al tăng nhanh trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và các tỷ lệ của pha Zn và pha $MgZn_2$ cần thiết để truyền khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế giảm. Do đó, khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng tạo hình được cải thiện.

Tuy nhiên, do sự tăng nồng độ Al, cấu hình tạo ra gần với cấu hình thiếu khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế. Hơn nữa, khi nồng độ Al tăng quá mức, rất nhiều nguyên tố được đưa vào trong pha Al như được mô tả ở trên, và do đó pha Zn bao gồm pha hợp chất kim loại Mg-Sn không được tạo ra. Trong trường hợp trong đó lớp phủ được tạo ra bằng phương pháp phủ nhúng nóng, chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe có xu hướng tăng. Kết quả là, pha Al chứa các lượng lớn của Mg và Zn, dẫn đến hình thành pha Al, có khả năng chống ăn mòn và khả năng biến dạng dẻo rất kém. Sự hình thành của pha Al như vậy là không được ưu tiên từ quan điểm bảo đảm khả năng tạo hình.

Do đó, giới hạn trên của nồng độ Al được đặt đến nhỏ hơn 35,0% (tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 25,0%).

Mg: lớn hơn 3,0% và nhỏ hơn 15,0%

Mg cũng là nguyên tố cần thiết để tạo ra các vảy kim loại. Khi Mg được bổ sung vào lớp phủ, $MgZn_2$ là thành phần chính của các vảy kim loại, Mg_2Sn truyền khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế đến lớp phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg, và tương tự được tạo ra. Từ quan điểm các tính chất, Mg là nguyên tố cần thiết để truyền khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế. Khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế của pha $MgZn_2$ kém hơn khả năng bảo vệ ăn

mòn thay thế của pha hợp chất kim loại Mg-Sn, và pha $MgZn_2$ là pha hợp chất liên kim loại rất giòn. Do đó, lượng của pha $MgZn_2$ tốt hơn là nhỏ từ quan điểm tạo hình.

Khi nồng độ Mg nhỏ hơn hoặc bằng 3,0%, lượng của pha $MgZn_2$ để tạo ra các vảy kim loại là không đủ. Hơn nữa, ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp.

Hơn nữa, không thể tạo ra lượng đủ của pha hợp chất liên kim loại (pha hợp chất kim loại Mg-Sn và pha $MgZn_2$) cần thiết để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và bảo vệ ăn mòn thay thế. Ngoài ra, do lượng của pha Zn tăng, pha Zn trở thành pha thứ nhất (vùng kết tủa tinh thể sơ cấp, và các nguyên tố hợp phần của các vảy kim loại thay đổi. Tỷ lệ của cấu trúc eutectic bậc ba Zn-Al- $MgZn_2$ tăng, là không được ưu tiên từ quan điểm khả năng tạo hình và khả năng chống ăn mòn.

Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Mg được đặt đến lớn hơn 3,0%.

Xem xét lượng hình thành của pha hợp chất kim loại Mg-Sn, được ưu tiên là nồng độ Mg đủ cao và Mg được chứa ở nồng độ lớn hơn hoặc bằng 1/3 nồng độ Sn dựa trên việc tính trọng lượng riêng. Hơn nữa, từ quan điểm khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế, được ưu tiên là Mg được chứa ở nồng độ lớn hơn hoặc bằng 1/3 nồng độ Sn. Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Mg tốt hơn là lớn hơn 5,0%.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Mg lớn hơn hoặc bằng 15,0%, lượng của pha $MgZn_2$ tăng nhanh. Trong trường hợp này, ngay cả khi không có pha Al làm lõi của cấu trúc mượt như lông tơ của vảy kim loại, pha $MgZn_2$ dễ dàng được tạo ra dưới dạng tinh thể sơ cấp, và lớp hoàn thiện bề mặt của bản thân vảy kim loại bị hư hỏng.

Hơn nữa, từ quan điểm các tính chất, khả năng biến dạng dẻo của lớp hợp kim Zn-Al-Mg bị mất đi, và khả năng tạo hình bị giảm.

Do đó, giới hạn trên của nồng độ Mg được đặt đến nhỏ hơn 15,0 (tốt hơn là nhỏ hơn 12,5%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 10,0%).

Sn: từ 0,01% đến nhỏ hơn 5,00%, Bi: từ 0% đến nhỏ hơn 1,0%, In: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, với điều kiện thỏa mãn công thức $1: Bi + In < Sn$

Sn là nguyên tố được bao gồm trong pha Zn và cần thiết để tạo ra pha hợp chất kim loại Mg-Sn truyền khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế cao. Ở đây, Sn, Bi, và In không tạo ra pha hợp chất liên kim loại cùng với Al và Zn trong dung dịch phủ, và luôn luôn liên kết với Mg để tạo ra pha hợp chất liên kim loại. Cụ thể, trong trường hợp trong đó Sn, Bi, và In được chứa riêng rẽ, Mg_2Sn , Mg_9Sn_5 , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In được tạo ra, tương ứng. Khi Sn, Bi, và In được chứa ở mức lớn hơn hoặc bằng 0,01%, sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại này được quan sát.

Các nguyên tố này cũng đóng vai trò trong sự hình thành vảy kim loại. Cụ thể, ngoài Sn, Bi và In tạo ra hợp chất cùng với Mg, và khi các nguyên tố này có mặt dưới dạng các chất kết tủa trong quá trình hóa rắn, cấu trúc eutectic được tạo ra với pha Zn, pha lỏng trở nên ổn định. Có thể hạ thấp nhiệt độ hóa rắn cuối cùng so với trường hợp trong đó nhiệt độ hóa rắn cuối cùng không gần với khoảng từ 5 đến 30°C. Điều này có nghĩa là sự hình thành cấu trúc mượt như lông tơ (vảy kim loại) chủ yếu bao gồm pha $MgZn_2$ và pha Al cần thời gian dài hơn, và cấu trúc mượt như lông tơ dễ dàng phát triển. Kết quả là, dễ dàng thu được lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại rõ ràng. Mặc dù cấu trúc mượt như lông tơ được tạo ra ngay cả khi Sn, Bi, và In không được chứa, dễ dàng thu được lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại với sự có mặt của Sn, Bi, và In theo phương pháp sản xuất này.

Lưu ý rằng hợp chất được tạo ra từ Sn có thể hạ thấp điểm nóng chảy so với Bi và In. Các tác dụng này được xác nhận khi Sn được chứa ở nồng độ 0,01%. Hơn nữa, khi Sn được chứa ở nồng độ lớn hơn hoặc bằng 5,00%, pha Mg_2Sn phát triển thô, và các hợp chất này che khuất sự hình thành vảy kim loại và lớp hoàn thiện bề mặt bị giảm.

Hơn nữa, từ quan điểm các tính chất, trong số các pha hợp chất liên kim loại, Mg_2Sn là vượt trội nhất khi xem xét đến sự thật là Mg_2Sn có khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế, và nó dễ dàng được đưa vào trong pha Zn mà đủ mềm để được gia công và có khả năng biến dạng dẻo rất tốt. Mg_3Bi_2 và Mg_3In hơi kém hơn so với Mg_2Sn về sự cân bằng giữa các tính chất như khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng, khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế, và khả năng tạo hình.

Do đó, đối với sự hình thành ít nhất Mg_2Sn dưới dạng pha hợp chất kim loại Mg-Sn, Sn là nguyên tố cần thiết và giới hạn dưới của nồng độ Sn được đặt đến lớn hơn

hoặc bằng 0,01% (tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,05%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 3,00%).

Mặc dù Bi và In là các nguyên tố tùy ý, khi Bi và In được chứa cùng với Sn, Sn trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi Bi và In. Nói cách khác, pha Mg_2Sn được thay thế (loại pha hợp chất kim loại Mg-Sn) trong đó Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Bi hoặc In được tạo ra. Sự hình thành pha Mg_2Sn được thay thế làm cho có khả năng điều chỉnh lượng tối ưu của Mg sẽ được hòa tan để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế. Để tạo ra pha Mg_2Sn được thay thế, Sn, Bi, và In cần được chứa trong các điều kiện thỏa mãn công thức 1: $Bi + In < Sn$. Trừ khi các điều kiện được thỏa mãn, Mg_3Bi_2 , Mg_3In hoặc tương tự được tạo ra một cách độc lập, dẫn đến sự suy giảm khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng tạo hình.

Trong trường hợp trong đó Bi và In được chứa, các giới hạn dưới của mỗi trong số các nồng độ Bi và In tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,01%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,05%, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,1%, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,3%.

Các hàm lượng lớn của Sn, Bi, và In gây ra sự tăng tỷ lệ Mg được hòa tan ra khỏi lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng bị giảm. Đặc biệt, các hàm lượng lớn của Bi và In làm giảm khả năng tạo hình của lớp phủ. Do đó, được ưu tiên là các nguyên tố này thỏa mãn $Sn < 5,0\%$, $Bi < 1,0\%$ và $In < 0,5\%$ (tốt hơn là, $Sn < 5,0\%$, $Bi < 0,5\%$, và $In < 0,3\%$), tương ứng.

Ca: từ 0% đến nhỏ hơn 3,00%, Y: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, La: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, Ce: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, với điều kiện thỏa mãn công thức 2: công thức 2: $Y + La + Ce < Ca$

Khi Ca được chứa trong lớp phủ, hợp chất phân lớp trên cơ sở Al-Ca(-Si) được tạo ra trong vùng lân cận của mặt phân cách với kim loại nền. Hợp chất này có điểm nóng chảy cao và được kết tủa trước tiên trong quá trình hóa rắn lớp phủ.

Khi lớp này được tạo ra ở mặt phân cách giữa lớp phủ và kim loại nền, sự khuếch tán Fe ra khỏi kim loại nền vào trong lớp phủ trong trạng thái nóng chảy trong quá trình hóa rắn được ngăn chặn, và sự nhiễm bẩn Fe trong các hợp phần của lớp phủ có thể ít

xảy ra hơn. Hơn nữa, có tác dụng hủy bỏ thông tin về độ nhám như sự gồ ghề của bề mặt của kim loại nền và trạng thái hình thành của màng oxy hóa. Kết quả là, sự hình thành vảy kim loại có thể ít bị ảnh hưởng bởi kim loại nền, và do đó Ca tốt hơn là được chứa.

Đã xác nhận được rằng hợp chất phân lớp được tạo ra trên mặt phân cách với kim loại nền khi Ca được chứa ở nồng độ 0,05%.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Ca lớn hơn hoặc bằng 3,00%, hợp chất trên cơ sở Al-Ca(-Si) giống hình kim khác biệt với hợp chất phân lớp trên cơ sở Al-Ca(-Si) được tạo ra với lượng lớn, dẫn đến các vảy kim loại không rõ ràng. Do đó, nồng độ Ca tốt hơn là được đặt đến nhỏ hơn 3,00%.

Các tác dụng tương tự này cũng được xác nhận đối với Y, La, và Ce. Các nồng độ của Y, La, và Ce từ 0 đến nhỏ hơn 0,5%, và tốt hơn là từ 0,05 đến nhỏ hơn 0,5%.

Từ quan điểm các tính chất, Mg trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi Ca, Y, La, và Ce. Nói cách khác, pha Mg_2Sn được thay thế (loại pha hợp chất kim loại Mg-Sn) trong đó Mg được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Ca, Y, La, hoặc Ce được tạo ra. Sự hình thành pha Mg_2Sn được thay thế cũng làm cho có khả năng điều chỉnh lượng tối ưu của Mg sẽ được hòa tan để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế.

Để tạo ra pha Mg_2Sn được thay thế này, được ưu tiên là giới hạn dưới của nồng độ Ca là lớn hơn hoặc bằng 0,05%, giới hạn dưới của nồng độ Y là lớn hơn hoặc bằng 0,1%, và giới hạn dưới của mỗi nồng độ La và Ce là lớn hơn hoặc bằng 0,1%.

Hàm lượng Ca có thể lên đến nhỏ hơn 3,00%, mỗi trong số các hàm lượng Y, La, và Ce có thể lên đến nhỏ hơn 0,5% (tốt hơn là hàm lượng Ca có thể lên đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, và mỗi trong số các hàm lượng Y, La, và Ce có thể lên đến nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%). Khi các nồng độ của Ca, Y, La, và Ce vượt quá các khoảng này, mỗi trong số các nguyên tố Ca, Y, La, và Ce có xu hướng tạo ra pha hợp chất liên kim loại chủ yếu được tạo nên từ các nguyên tố này, dẫn đến sự suy giảm khả năng chống ăn mòn và khả năng tạo hình. Hơn nữa, cần thỏa mãn công thức $2: Y + La + Ce < Ca$ từ mối quan hệ của các vị trí thế trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Trong trường hợp trong đó các điều kiện này không được đáp ứng, mỗi trong số các nguyên tố Y, La, và Ce tạo

ra pha hợp chất liên kim loại chủ yếu được tạo nên từ các nguyên tố này, và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng cực kỳ kém.

Tác dụng của sự thay thế này làm cho Mg_2Sn trải qua quá trình thay đổi cấu trúc, dẫn đến khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế dài hạn vượt trội. Mặc dù khó tạo ra sự phân biệt rõ ràng giữa các pha Mg_2Sn được thay thế (các pha Mg_2Sn được thay thế bao gồm sự thế bằng ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Ca, Y, La, hoặc Ce), cho rằng tỷ lệ Mg được hòa tan ra khỏi pha Mg_2Sn có thể được kiểm soát thích hợp bằng cách thay thế bằng nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này. Hơn nữa, cho rằng việc thay thế bằng nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này làm cho pha Mg_2Sn cần được thay đổi để có cấu trúc Mg_9Sn_5 . Bi, In, Ca, Y, La, hoặc Ce (đặc biệt Ca) được chứa, làm cho pha Mg_2Sn được thay thế được tạo ra một cách đơn giản, và còn làm cho pha Mg_2Sn có sự thay đổi về dạng tinh thể của nó, bằng cách đó tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành pha Mg_9Sn_5 .

Như được mô tả ở trên, trong trường hợp trong đó lớp phủ được thiết kế để tạo ra khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế cao trong một khoảng thời gian dài, được ưu tiên là cho phép lớp phủ chứa các nguyên tố này.

Si: từ 0% đến nhỏ hơn 2,5%

Khi Si cũng được chứa, hợp chất đi kèm với sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe (lớp hợp kim mặt phân cách) được tạo ra. Al và Ca được phối hợp để tạo ra hợp chất Al-Ca-Si. Khi Si được chứa, hợp chất Al-Ca-Si dễ dàng được thành một lớp.

Ngay cả khi Ca không được chứa, có xu hướng là lớp Al-Fe-Si được tạo ra gần mặt phân cách và sự khuếch tán của Fe được ngăn chặn. Tác dụng này được xác nhận khi nồng độ Si là lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Khi nồng độ Si lớn hơn hoặc bằng 2,5%, Si liên kết với Mg để tạo ra hợp chất trên cơ sở Mg-Si, mà kìm hãm sự hình thành vảy kim loại. Do đó, nồng độ Si thích hợp tốt hơn là từ 0,05 đến nhỏ hơn 2,5%.

Từ quan điểm các tính chất, Si là nguyên tố có kích thước nguyên tử nhỏ, và một lượng nhỏ Si tạo ra dung dịch rắn giữa các nút trong pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn. Do đó, Si không có tác dụng như là nguyên tố thay thế trong pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, so với các nguyên tử như Ca, Y, La, Ce, Bi, và In, nhưng tạo ra dung dịch rắn giữa các nút. Điều này gây ra một số thay đổi về cấu trúc tinh thể của pha hợp

chất kim loại Mg-Sn (chẳng hạn, Mg_2Sn , pha $MgCaSn$, hoặc pha Mg_9Sn_5) trong lúc đó các chi tiết không được xác nhận. Mặc dù các thay đổi nhỏ về cấu trúc tinh thể không thể được ghi lại bởi phép nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction, XRD), kính hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscope, TEM), hoặc tương tự, nó thường được xác nhận bởi thiết bị vi phân tích đầu dò điện tử (electron probe micro-analysis, EPMA) rằng Si được chứa với lượng nhỏ được xác định ở cùng một vị trí như pha hợp chất kim loại Mg-Sn.

Nói chung, biết được rằng một lượng nhỏ Si có tác dụng kìm hãm sự phát triển của lớp hợp kim Al-Fe, và còn có tác dụng đã được xác nhận là cải thiện khả năng chống ăn mòn. Hơn nữa, Si tạo ra dung dịch rắn giữa các nút trong lớp hợp kim Al-Fe. Mô tả chi tiết về sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại Al-Fe-Si hoặc tương tự trong lớp hợp kim Al Fe sẽ được mô tả sau đây.

Si cũng tạo ra dung dịch rắn giữa các nút trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al. Tác dụng tạo ra dung dịch rắn của Si trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al chưa được xác nhận. Lượng của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al chứa Si có xu hướng giảm tương đối trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Để tạo ra lớp hợp kim Zn-Al-Mg tận dụng lợi thế của các dấu hiệu của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, được ưu tiên là nồng độ Si được giảm xuống.

Si dư làm sụp đổ cấu trúc dung dịch rắn của pha hợp chất kim loại Mg-Sn, dẫn đến hình thành pha hợp chất liên kim loại như pha Mg_2Si trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Hơn nữa, trong trường hợp trong đó ít nhất một trong số Ca, Y, La, hoặc Ce được chứa, pha hợp chất liên kim loại như pha Ca_2Si hoặc Mg_2Si được tạo ra.

Ngoài ra, Si tạo ra màng oxit chứa Si bên trên bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Màng oxit chứa Si này có cấu trúc trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg có thể ít bị hòa tan, dẫn đến giảm khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế. Đặc biệt, sự giảm khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế ở giai đoạn ban đầu của quá trình ăn mòn trước khi hàng rào màng oxit chứa Si sụp đổ gây ra một tác động đáng kể.

Do đó, nồng độ Si nhỏ hơn 2,5%. Nồng độ Si tốt hơn là nhỏ hơn 0,5% và tốt hơn nữa là nhỏ hơn 0,3% từ quan điểm khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế.

Ở đây, Si tạo ra dung dịch rắn trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn, mà là dung dịch rắn giữa các nút trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Do đó, khi Si được hòa tan rắn trong pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, cấu trúc tinh thể của pha hợp chất kim loại Mg-Sn bị xoắn, cho phép phát hiện bằng XRD hoặc phương pháp tương tự. Đối với mục đích này, được ưu tiên là Si được chứa trong lớp phủ ở nồng độ của lớn hơn hoặc bằng 0,05%. Khi nồng độ Si lớn hơn hoặc bằng 0,05%, Si được chứa trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn trở nên bão hòa. Ngay cả khi Si được chứa trong pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế được bảo đảm trong quá trình ăn mòn lâu dài. Đặc biệt, được tiên là có xu hướng Si được chứa trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn dựa vào khả năng chống ăn mòn trong phần được gia công. Tương tự, được ưu tiên là có xu hướng dựa vào khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế (đặc biệt khả năng chống ăn mòn đối với bề mặt đầu được cắt).

Cr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Ti: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Ni: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Co: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, V: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Nb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Cu: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, Mn: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%, với điều kiện thoả mãn công thức 3: $0 \leq \text{Cr} + \text{Ti} + \text{Ni} + \text{Co} + \text{V} + \text{Nb} + \text{Cu} + \text{Mn} < 0,25$

Mặc dù các lượng nhỏ của Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn không được xác nhận để có tác dụng rõ rệt lên sự hình thành vảy kim loại, các nguyên tố này có thể được chứa trong lớp phủ ở các nồng độ thấp. Cho rằng các hàm lượng lớn của các nguyên tố này gây ra sự hình thành của hợp chất liên kim loại và ảnh hưởng bất lợi đến các vảy kim loại, và khoảng nồng độ thích hợp của các nguyên tố này là từ 0 đến 0,25%.

Từ quan điểm các tính chất, Sn trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi các lượng nhỏ của Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn. Nói cách khác, pha Mg_2Sn được thay thế (loại pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) trong đó Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, hoặc Mn được tạo ra. Nồng độ của nồng độ nguyên tố bất kỳ trong số các nồng độ nguyên tố này cần phải thấp hơn nồng độ Sn. Khó xác nhận một sự thay đổi rõ ràng về khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế, được quan sát trong, chẳng hạn, pha Mg_2Sn được thay thế (loại pha hợp chất kim loại Mg-Sn) bao gồm sự thay thế Sn bằng Ca, Y, La, Ce, Bi, hoặc In. Tuy nhiên, Sn được thay thế như trên còn liên kết với một Mg khác để tạo ra pha hợp chất kim loại Mg-Sn, và điều này

cho phép tổng lượng của pha hợp chất kim loại Mg-Sn tăng. Ngoài ra, vì có thể tăng Mg cần được tiêu thụ để hình thành pha hợp chất kim loại Mg-Sn, tác dụng bảo vệ ăn mòn thay thế tăng nhẹ, và thể ăn mòn có xu hướng dịch chuyển sang phía thấp hơn tương đối.

Lưu ý rằng lượng của Sn mà có thể được thay thế được giới hạn. Trong trường hợp trong đó nồng độ của nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này trở nên lớn hơn hoặc bằng 0,25% hoặc tổng nồng độ của chúng không thỏa mãn $Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$, pha hợp chất liên kim loại chủ yếu gồm các nguyên tố được chứa được tạo ra chứ không phải là pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Điều này làm cho không thể bảo đảm sự hình thành đủ của pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn. Chẳng hạn, pha hợp chất liên kim loại chỉ chứa một nguyên tố Mg, như pha $MgCu_2$, được tạo ra, làm giảm khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế. Ngoài ra, phản ứng kết hợp diễn ra, và khả năng chống ăn mòn cũng giảm mạnh. Khả năng tạo hình cũng trở nên kém.

Do đó, các nồng độ của Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn được đặt đến nhỏ hơn 0,25% sao cho công thức 3: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$ được thỏa mãn.

Fe: từ 0% đến 5,0%

Trong trường hợp trong đó lớp phủ được tạo ra bằng phương pháp phủ nhúng nóng, nồng độ Fe nhất định được chứa trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe.

Đã xác nhận được rằng Fe được chứa trong lớp phủ (đặc biệt là lớp hợp kim Zn-Al-Mg) ở nồng độ của lên đến 5,0% không ảnh hưởng bất lợi đến các tính chất. Trong nhiều trường hợp, do Fe chủ yếu được chứa trong lớp hợp kim Al-Fe, nồng độ Fe thường tăng khi chiều dày của lớp này tăng.

Nồng độ Fe phần lớn phụ thuộc vào chiều dày của lớp phủ được tạo ra trên bề mặt của sản phẩm thép. Nghĩa là, khi chiều dày của lớp phủ nhỏ, phần Fe phản ứng với kim loại nền tăng tương đối trong lớp phủ, và do đó phần Fe đạt 0,1% và có thể đạt khoảng 5,0% gần mặt phân cách. Lớp phủ có chiều dày nhỏ hơn $10\mu m$ có thể chứa khoảng 1% Fe. Trong lớp phủ có chiều dày lớn hơn hoặc bằng $10\mu m$, sự ảnh hưởng của lớp dễ phản ứng giữa kim loại nền và lớp phủ giảm, sự ảnh hưởng của hợp phần dung dịch phủ tăng, và nồng độ của Fe nói chung là giảm. Thông thường, nồng độ của Fe nhỏ

hơn 1%, và nồng độ của Fe trong lớp phủ có chiều dày 20 μ m thường khoảng 0,1%.

Giới hạn dưới của nồng độ của Fe có thể lớn hơn hoặc bằng 0,05%, lớn hơn hoặc bằng 0,08%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,10%.

Sr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, Sb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, Pb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, B: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%, với điều kiện thoả mãn công thức 4: $0 \leq \text{Sr} + \text{Sb} + \text{Pb} + \text{B} < 0,5$

Các tác dụng chi tiết của Sr, Sb, Pb, và B chưa được biết đến, nhưng khi Sr, Sb, Pb, và B được chứa, vảy kim loại trở nên rõ rệt. Cho rằng các hạt mịn trở thành nhân của vảy kim loại. Tương đối dễ dàng cho phép các nguyên tố này được hòa tan trong dung dịch phủ cùng với Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, và Mn (tuy nhiên, Cu được loại trừ). Khi các lượng lớn của Sr, Sb, Pb, và B được chứa, hợp chất liên kim loại được tạo ra và vảy kim loại trở nên không rõ, nên khoảng nồng độ nguyên tố thích hợp là từ 0 đến nhỏ hơn 0,5%.

Từ quan điểm các tính chất, chưa biết đến cách mà Sr, Sb, Pb, và B ảnh hưởng đến sự hình thành pha hợp chất liên kim loại như pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Các lượng nhỏ của các nguyên tố này có thể được hòa tan rắn trong pha Zn trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg và có thể cũng được phát hiện trong pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Do đó, các nguyên tố này có thể đóng vai trò như nguyên tố thay thế. Đặc biệt, mặc dù không quan sát thấy rằng các nguyên tố này gây ra các thay đổi về các tính chất, các nguyên tố này có thể thay đổi lớp hoàn thiện bề mặt của lớp phủ, bằng cách đó cho phép hoa văn vảy kim loại được tạo ra trên bề mặt của lớp phủ.

Khi nồng độ của mỗi trong số các nguyên tố này lớn hơn hoặc bằng 0,5%, nguyên tố này không thể được hòa tan rắn trong pha Zn, mặc dù nó không ảnh hưởng đến sự hình thành pha hợp chất kim loại Mg-Sn. Do đó, các pha hợp chất liên kim loại khác được tạo ra, dẫn đến sự suy giảm khả năng tạo hình và khả năng chống ăn mòn.

Do đó, các nồng độ của Sr, Sb, Pb, và B được đặt đến nhỏ hơn 0,5%. Ngoài ra, cũng cần thoả mãn công thức 4: $0 \leq \text{Sr} + \text{Sb} + \text{Pb} + \text{B} < 0,5$ là chỉ số ngăn cản sự thay thế để hình thành pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong lúc đó tạo điều kiện thuận lợi cho sự hình thành pha hợp chất liên kim loại.

Các tạp chất

Các tạp chất là các hợp phần được chứa trong các nguyên liệu ban đầu hoặc được trộn trong các bước sản xuất mà không dự định bổ sung các hợp phần như vậy. Chẳng hạn, các lượng nhỏ của các hợp phần khác với Fe được trộn một cách ngẫu nhiên dưới dạng các tạp chất trong lớp phủ do sự khuếch tán nguyên tử giữa sản phẩm thép (kim loại nền) và dung dịch phủ.

Công thức 5: $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323 \leq (Mg) \leq -0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$;

Vùng được tạo ra bởi các vảy kim loại mịn được tạo ra trong vùng thành phần gần với đường eutectic pha lỏng trong giản đồ pha Zn-Al-Mg. Nói cách khác, mối liên hệ giữa nồng độ Al và nồng độ Mg trong lớp phủ cần là vùng thành phần gần với đường eutectic pha lỏng trong giản đồ pha Zn-Al-Mg.

Khi nồng độ Mg nhỏ hơn " $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323$ ", phản ứng hóa rắn của lớp phủ không xảy ra trên đường eutectic của pha Al-pha $MgZn_2$, nên không có vảy kim loại được tạo ra. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại này là thấp.

Tương tự, khi nồng độ Mg vượt quá " $-0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$ ", phản ứng hóa rắn của lớp phủ không hóa rắn trên đường eutectic của pha Al-pha $MgZn_2$, nên không có vảy kim loại được tạo ra. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp.

Do đó, trong thành phần hóa học của lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có nồng độ Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng, cần phải thỏa mãn công thức 5: $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323 \leq (Mg) \leq -0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$, để tạo ra các vảy kim loại mịn.

Tiếp theo, các pha tạo nên lớp hợp kim Zn-Al-Mg sẽ được mô tả.

Được ưu tiên là lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$, và chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn. Nghĩa là, pha hợp chất liên kim

loại Mg-Sn được chứa (nghĩa là, được bao gồm) trong pha Zn.

Khi pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có mặt trong pha Zn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, khả năng chống ăn mòn được tạo ra ở mức cao.

Ở đây, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn bao gồm các pha hợp chất liên kim loại tương ứng với các pha từ (1) đến (5) sau đây. Lưu ý rằng pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có thể tạo ra dung dịch rắn giữa các nút với nguyên tố như Si.

(1) pha Mg_2Sn

(2) pha Mg_9Sn_5

(3) pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 được thay thế (pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 dưới dạng pha được thay thế) trong đó Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, hoặc Mn

(4) pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 được thay thế (pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 dưới dạng pha được thay thế) trong đó Mg được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số các nguyên tố Ca, Y, La, hoặc Ce

(5) pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 được thay thế (pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 dưới dạng pha được thay thế) trong đó Mg được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số các nguyên tố Ca, Y, La, hoặc Ce, và Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, hoặc Mn

Các pha được thay thế này của pha Mg_2Sn và pha Mg_9Sn_5 có thể được gọi chung là “pha được thay thế của pha Mg_2Sn ”.

Pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg có thể được xác nhận bằng phép phân tích nhiễu xạ tia X (XRD) bằng cách sử dụng tia Cu-K α . Pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn có thể được xác nhận bằng cách quan sát hình ảnh tán xạ ngược chùm điện tử bằng kính hiển vi điện tử quét-phổ tia X phân tán năng lượng (scanning electron microscopy-Energy Dispersive X-ray spectroscopy, SEM-EDS) khi phân đoạn diện tích của mỗi pha được mô tả sau đây được xác định.

Các chi tiết của phép phân tích nhiễu xạ tia X (XRD) là như sau.

Thông thường, đỉnh nhiễu xạ của Mg_2Sn trong XRD được thể hiện bởi, chẳng

hạn, các thẻ JCPDS: PDF# 00-007-0274, #00-006-0190, và #00-002-1087. Tuy nhiên, trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, đỉnh nhiễu xạ tối ưu để nhận dạng pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn là đỉnh nhiễu xạ ở $22,8^\circ$ không chồng lấp các đỉnh nhiễu xạ của pha Zn, pha MgZn_2 , và pha Al. Ngoài đỉnh nhiễu xạ ở $22,8^\circ$, các đỉnh nhiễu xạ có lợi được sử dụng để nhận dạng pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn là các đỉnh nhiễu xạ ở $23,3^\circ$ và $24,2^\circ$, mà không chồng lấp các đỉnh nhiễu xạ của các pha hợp phần khác của lớp phủ và thuận tiện để nhận dạng hợp kim Zn-Al-Mg.

Cụ thể, khi dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, ảnh này được đo bằng cách sử dụng tia Cu-K α với đầu ra tia X ở 40kV và 150mA, cường độ I (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) = I (cường độ (cps) ở $22,8^\circ$) là lớn hơn hoặc bằng 1000cps, hoặc cao hơn 500cps hoặc lớn hơn so với cường độ nền ở từ 11° đến 12° (cps), nó có thể là chỉ số cho sự có mặt đủ của pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Khi cường độ này lớn hơn hoặc bằng 500cps, nó là chỉ số cho biết hàm lượng của pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn ở mức mà pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn được phân tán trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và cường độ càng cao, càng nhiều pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn được chứa.

Gần đây, có phần mềm mà có thể thực hiện, chẳng hạn, việc loại bỏ nền như phương pháp tính cường độ nền. Từ dữ liệu cường độ đỉnh nhiễu xạ thu được, 2 θ và đồ thị cường độ (cps) được tạo ra để tạo ra một đường gần đúng (đường thẳng) của phần phẳng được xác nhận ở từ 11° đến 12° . Do không có đỉnh nhiễu xạ xuất hiện ở từ 11° đến 12° từ bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, khi đơn giản lấy giá trị trung bình của cường độ cps ở từ 11° đến 12° , phát hiện được cường độ nền ở 11° đến 12° .

Ở đây, như được minh họa trên Fig.1, mọi ảnh SEM của mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al Mg được lấy làm ảnh điện tử tán xạ ngược. Thông thường, các pha tạo nên lớp hợp kim Zn-Al-Mg (như pha Al, pha MgZn_2 , pha Zn, và pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) có thể được phân biệt dễ dàng vì các số nguyên tử hiển nhiên là khác nhau.

- Khía cạnh về cấu trúc (1) -

Sau đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ được quan sát bằng kính

hiện vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ lớn hơn hoặc bằng 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 30%.

Khi tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ quá thấp, số lượng của pha Al và pha $MgZn_2$ góp phần vào sự hình thành các vảy kim loại nhỏ, và các vảy kim loại có thể ít được tạo ra. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp. Do đó, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ lớn hơn hoặc bằng 70%, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 75%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 80%. Không có giới hạn trên trên tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$, và các vảy kim loại có thể được làm cho rõ hơn khi tổng tỷ lệ diện tích gần bằng 100%.

Từ quan điểm tạo ra lõi của vảy kim loại, tỷ lệ diện tích của pha Al, chẳng hạn, tốt hơn là từ 10 đến 50%, và tốt hơn nữa là từ 20 đến 40%. Được ưu tiên là 30% được sử dụng làm chỉ số về tỷ lệ diện tích của tổng của pha Al và pha $MgZn_2$.

Khi tỷ lệ diện tích của pha Zn quá cao, số lượng của pha Al và pha $MgZn_2$ góp phần vào sự hình thành các vảy kim loại giảm tương đối, và các vảy kim loại có thể ít được tạo ra. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp. Do đó, khi tỷ lệ diện tích của pha Zn gần đến, chẳng hạn, 0%, các vảy kim loại rõ ràng có thể được tạo ra nhiều hơn.

Vì bề mặt quan sát là một nửa của chiều dày lớp phủ ở vị trí trong lớp phủ, có khả năng là tỷ lệ diện tích của pha Zn có thể được đặt đến 0% phụ thuộc vào mặt cắt ngang. Tuy nhiên, khó đặt tỷ lệ diện tích của pha Zn đến 0% trong trường hợp lớp phủ trên cơ sở Zn-Al-Mg trong vùng lân cận của mặt phân cách nơi tích lũy phần hóa rắn cuối cùng. Khi tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 10%, các vảy kim loại có thể được quan sát hoàn toàn rõ ràng.

- Khía cạnh về cấu trúc (2) -

Ngoài ra, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính

hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của các pha Al nhỏ hơn 88mm/mm^2 và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ là nhỏ hơn 100.

Khi giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al quá cao, pha Al bị thô quá, và trở nên khó tạo ra các vảy kim loại. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp. Do đó, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al nhỏ hơn 88mm/mm^2 , tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 85mm/mm^2 , và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 80mm/mm^2 . Tuy nhiên, giới hạn dưới của giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al thông thường lớn hơn hoặc bằng 35mm/mm^2 dựa trên các giá trị thực nghiệm tổng hợp.

Khi tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ là quá lớn, pha Al thô và pha Al mịn được trộn, sự biến thiên về kích thước pha Al tăng, và trở nên khó tạo ra các vảy kim loại. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại là thấp. Do đó, tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ là nhỏ hơn 100, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 90, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 80. Không có giới hạn dưới, và giá trị này càng gần 0 thì càng được ưu tiên.

Các giá trị số này được đi kèm với hợp phần phủ và phương pháp phủ (tốc độ làm nguội trong quá trình hóa rắn), và có thể được sử dụng làm chỉ số khi tạo ra các vảy kim loại đồng nhất. Còn có mối tương quan với sự quan sát bằng mắt thường. Các phạm vi số này được làm rõ, bằng cách đó phạm vi được làm rõ này luôn luôn được sử dụng làm chỉ số quản lý để tạo ra các vảy kim loại rõ ràng.

- Khía cạnh về cấu trúc (3) -

Tốt hơn là, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp phủ thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp phủ, mặt cắt ngang được cắt theo hướng chiều dày, ở phạm vi nhìn thấy $250\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ và độ phóng đại 500 lần bằng kính hiển vi điện tử quét, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-

Al-Mg (L_{surface}), tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}), và tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}) thỏa mãn các công thức 6 và 7 sau đây:

công thức 6: $0,90 \leq (L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}})$; và

công thức 7: $(L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,10$.

Thực tế là tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{surface}) quá dài so với tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al-pha MgZn_2 ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}) cho biết rằng pha Al pha MgZn_2 không phát triển theo một hướng đồng đều, từ hướng mặt phân cách đến hướng bề mặt, mà phát triển theo các định hướng ngẫu nhiên, hoặc kích thước vảy kim loại giảm xuống hoặc tăng lên. Do đó, lớp hoàn thiện bề mặt của các vảy kim loại không rõ ràng và không đồng đều trong nhiều trường hợp. Do đó, ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại có xu hướng thấp.

Trong lúc đó, trong trường hợp trong đó tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}) quá ngắn so với tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al-pha MgZn_2 ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}), điều cũng cho biết rằng pha Al và pha MgZn_2 không phát triển liên tục trên bề mặt của lớp phủ từ hướng của mặt phân cách với kim loại nền. Do đó, các vảy kim loại không đồng đều, dẫn đến các biến thiên về sự định hướng ngẫu nhiên hoặc kích thước vảy kim loại. Do đó, trở nên khó tạo ra các vảy kim loại. Ngay cả trong trường hợp trong đó các vảy kim loại được tạo ra, tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt bởi các vảy kim loại có xu hướng thấp.

Do đó, pha Al và pha MgZn_2 tốt hơn là có cấu trúc trong đó pha Al và pha MgZn_2 trong mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được phát triển liên tục ở góc không đổi từ hướng mặt phân cách về phía bề mặt.

Do đó, các chiều dài tương ứng bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 tốt hơn là thỏa mãn các công thức 6 và 7.

Hơn nữa, các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ tốt hơn nữa là thỏa mãn các công thức 6-1 và 7-1 sau đây, và còn tốt hơn nữa là thỏa mãn các công thức 6-2 và 7-2 sau đây, từ quan điểm tạo hình các vảy kim loại.

$$\text{Công thức 6-1: } 0,95 \leq (L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,05$$

$$\text{Công thức 7-1: } 0,95 \leq (L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,05$$

$$\text{Công thức 6-2: } 0,97 \leq (L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,03$$

$$\text{Công thức 7-2: } 0,97 \leq (L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,03$$

Ở đây, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{surface}) có nghĩa là tỷ lệ (%) bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường bao của lớp bề mặt (bề mặt đối diện với phía sản phẩm thép) khi quan sát mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Nói cách khác, có nghĩa là tỷ lệ (%) của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên chiều dài của đường bao của lớp bề mặt quan sát so với chiều dài này của đường bao.

Tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}) có nghĩa là tỷ lệ (%) bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường nối các vị trí ở một nửa của chiều dày lớp, đường này được vẽ khi mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được quan sát. Nói cách khác, điều này có nghĩa là tỷ lệ (%) của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường nối các vị trí ở một nửa của chiều dày lớp được quan sát so với chiều dài của đường này.

Ngoài ra, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}) có nghĩa là tỷ lệ (%) bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường bao của mặt phân cách giữa lớp hợp kim Zn-Al-Mg và sản phẩm thép (trong trường hợp bao gồm lớp hợp kim Al-Fe, mặt phân cách giữa lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe) khi quan sát mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Nói cách khác, điều này có nghĩa là tỷ lệ (%) của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường bao của mặt phân cách lớp được quan sát so với chiều dài của đường bao này.

Khả năng duy trì lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại

Trong sản phẩm thép phủ Zn-Al-Mg của sáng chế, các vảy kim loại được tạo ra bởi sự gồ ghề rất mịn gây ra bởi pha Al và pha $MgZn_2$, bằng cách đó lớp hoàn thiện bề mặt có ánh kim mạnh và màu trắng sáng do sự khuếch tán ánh sáng phản xạ. Miễn là trạng thái bề mặt của lớp phủ được duy trì, ánh mạnh được duy trì, và lớp hoàn thiện bề mặt thẩm mỹ cũng được duy trì.

Phụ thuộc vào thành phần hóa học được mô tả ở trên, việc trộn lẫn của các hợp phần nguyên tố được khuếch tán trên bề mặt của lớp phủ có thể thay đổi, và khoảng thời gian duy trì lớp hoàn thiện bề mặt thẩm mỹ có thể thay đổi. Nói cách khác, nguyên tố có khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế cao và tác dụng chống gỉ cao khuếch tán đến bề mặt của lớp phủ, và sau đó nguyên tố này phản ứng với oxy trong không khí để tạo ra màng oxit mỏng. Phụ thuộc vào chiều dày này, các thay đổi xảy ra trong quá trình duy trì ánh kim. Nói cách khác, trong trường hợp trong đó chiều dày của màng oxit lớn, ánh kim trở nên kém, và lớp hoàn thiện bề mặt chuyển sang hơi mờ. Hơn nữa, trong môi trường ẩm trong đó có hơi ẩm trong không khí và màng oxit không được tạo ra đủ với oxy, sản phẩm ăn mòn cực mỏng được tạo ra, một màng mỏng có lớp hoàn thiện bề mặt màu đen như màng oxit thiếu hụt oxy (chẳng hạn, màng MgO_{1-x} , màng Al_2O_{3-x} , hoặc màng ZnO_{1-x}) được tạo ra. Màng oxit này thậm chí có thể chuyển thành màu hơi đen.

Tuy nhiên, sự hóa trắng và hóa đen có thể được ngăn chặn bằng cách quan sát nghiêm ngặt thành phần hóa học thích hợp trong các hợp phần lớp phủ.

Về cơ bản, trong trường hợp trong đó nồng độ Mg là thấp, lớp hoàn thiện bề mặt thay đổi rất tốt, nhưng khó duy trì ánh kim đặc biệt khi nồng độ Mg lớn hơn hoặc bằng 5,0%. Trong trường hợp trong đó nồng độ Mg cao, Mg dễ dàng được hòa tan và oxy hóa trong lớp phủ ưu tiên tạo ra oxit, bằng cách đó dẫn đến tạo ra các oxit màu đen như Al_2O_{3-x} và ZnO_{1-x} . Hơn nữa, bản thân Mg cũng tạo ra oxit/hydroxit mỏng như MgO_{1-x} hoặc $Mg(OH)_2$ (màu trắng), làm cho ánh kim kém đi.

Hơn nữa, trong trường hợp trong đó Sn hoặc loại tương tự dùng để cải thiện khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế được chứa trong lớp phủ (trong trường hợp trong đó nồng độ Sn lớn hơn hoặc bằng 0,01%), sự thay đổi về lớp hoàn thiện bề mặt của lớp phủ trở nên đáng chú ý, và biên vảy kim loại ở đó các nguyên tố này được tích tụ trở nên bị đen, và dễ xảy ra sự xấu đi của lớp hoàn thiện bề mặt. Ngoài ra, có thể có một khoảng thời

gian trong đó có thể nhìn thấy hoa văn lốm đốm do sự hình thành của các sản phẩm ăn mòn màu trắng và màu đen.

Sự ảnh hưởng lên sự thay đổi về lớp hoàn thiện bề mặt có xu hướng phụ thuộc vào nồng độ Sn trên bề mặt của lớp phủ. Sn dễ tạo ra hợp chất với Mg, Ca, hoặc Si (dung dịch rắn Mg_2Sn , Ca được thay thế bằng Mg, và Si được giả định là được hòa tan rắn giữa các nguyên tử, nhưng công thức hóa học chính xác chưa được biết đến). Mặc dù Sn có xu hướng tích tụ trên bề mặt của lớp phủ trong phương pháp sản xuất thông thường, có thể kiểm soát Sn được tích tụ quá mức trên bề mặt của lớp phủ trong trường hợp chứa các nguyên tố này. Thông thường, phụ thuộc vào nhiệt độ hóa rắn của lớp phủ, Mg_2Sn được tạo ra trong phần hóa rắn cuối cùng. Cho rằng điểm nóng chảy ở thời điểm hóa rắn tăng do sự bao gồm Ca, điểm nóng chảy ở thời điểm hóa rắn còn tăng hơn nữa do Si đã được hòa tan rắn, và thời gian kết tủa tăng do sự có mặt của các nhân đã được hóa rắn.

Tuy nhiên, do nồng độ để tạo ra dung dịch rắn bị giới hạn, cần thiết giới hạn nồng độ của mỗi nguyên tố.

Trước tiên, nồng độ Sn tốt hơn là được giới hạn đến nhỏ hơn 0,25%. Khi nồng độ Sn lớn hơn hoặc bằng 0,25%, mức độ đổi màu có xu hướng lớn ngay cả trong trường hợp trong đó hợp chất Mg_2Sn hoặc dung dịch rắn được tích lũy trên bề mặt của lớp phủ.

Khi nồng độ Ca lớn hơn 0,05%, dung dịch rắn Mg_2Sn có thể ít bị đổi màu có xu hướng được tạo ra. Nồng độ Ca tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,07%.

Tuy nhiên, hàm lượng dư của Ca làm cho các hợp chất mà không đi kèm với Sn, như hợp chất trên cơ sở Ca-Zn-Al, được tạo ra một cách dễ dàng. Các hợp chất này có thể làm cho lớp hoàn thiện bề mặt kém như ánh mờ trong lớp hoàn thiện bề mặt của lớp phủ, bằng cách đó ánh trở nên kém. Do đó, giới hạn trên của nồng độ Ca tốt hơn là nhỏ hơn 0,5%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,45%.

Khi nồng độ Sn lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, giá trị của nồng độ Sn + 0,02 tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng nồng độ Ca. Lý do for này là như sau. Số lượng của các nguyên tử Ca được đưa vào trong Mg_2Sn được xác định. Do đó, chẳng hạn, khi nồng độ Sn cao hơn nồng độ Ca, lượng của Mg_2Sn không thể kết hợp với Ca tăng, và mức độ đổi màu có xu hướng tăng. Đặc biệt, trong trường hợp trong đó nồng độ Sn là thấp, Sn có xu hướng tạo ra một ít dung dịch rắn trong pha Al, và Sn xuất

hiện trong pha Al cùng với sự già hóa. Do đó, trong trường hợp trong đó nồng độ Sn là thấp, các nguyên tử Sn và các nguyên tử Ca tạo ra một ít dung dịch rắn trong các pha tương ứng như pha Al, pha Zn, và pha $MgZn_2$, và có khả năng là toàn bộ pha Mg_2Sn không thể kết hợp chính xác với Ca dưới dạng dung dịch rắn. Do đó, khi nồng độ Sn lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 0,05%, được ưu tiên là nồng độ Ca lớn hơn hoặc bằng 0,02% so với nồng độ Sn.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Sn lớn hơn 0,05% và nhỏ hơn 0,25%, nồng độ Sn tốt hơn là thấp hơn nồng độ Ca. Điều này là do, trong khoảng nồng độ Sn này, nồng độ Sn và nồng độ Ca là đủ so với giới hạn độ hòa tan chất rắn của mỗi pha, bằng cách đó có thể ngăn chặn sự hình thành của Mg_2Sn là nguyên nhân gây ra sự đổi màu, tới mức của nồng độ Ca gần tương đương với nồng độ Sn.

Như được mô tả ở trên, từ quan điểm duy trì lớp hoàn thiện bề mặt vảy kim loại, được ưu tiên là lớp phủ có thành phần trung bình và nồng độ Mg lớn hơn hoặc bằng 5,0% dựa trên cơ sở % khối lượng, và thỏa mãn các công thức từ 8 đến 11 sau đây:

công thức 8: $0,01 \leq Sn < 0,25$;

công thức 9: $0,05 < Ca < 0,5$;

công thức 10: $Sn + 0,02 \leq Ca$ trong trường hợp trong đó $0,01 \leq Sn \leq 0,05$; và

công thức 11: $Sn < Ca$ trong trường hợp trong đó $0,05 < Sn < 0,25$;

trong đó, trong các công thức từ 8 đến 11 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng.

Ở đây, Si không hiệu quả như Ca, nhưng khi Si được chứa với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,05%, tác dụng lên lớp hoàn thiện bề mặt được thể hiện. Ngoài sự hình thành dung dịch rắn, khi tạo ra lớp phủ trên sản phẩm thép, Si có xu hướng được tích tụ đặc biệt gần mặt phân cách với sản phẩm thép và còn có xu hướng được tạo ra trên bề mặt của lớp phủ. Do đó, thuận tiện thay đổi sự phân bố nguyên tố trên bề mặt của lớp phủ. Trong trường hợp trong đó Ca không được chứa, mà Si được chứa dưới dạng hợp phần duy nhất, gần như không thu được tác dụng này. Hơn nữa, do sự đổi màu bề mặt của lớp phủ tăng, được ưu tiên là cho phép lớp phủ chứa Ca dưới dạng hợp phần duy nhất hoặc cả Ca và Si.

Hơn nữa, sự dễ đổi màu của bề mặt của lớp phủ có thể được xác nhận bằng cách để sản phẩm thép phủ trong không khí ẩm trong môi trường cụ thể. Một mẫu của sản phẩm thép phủ được để bên trong máy điều ẩm-nhiệt trong một khoảng thời gian nhất định, và chỉ cần theo dõi lớp hoàn thiện bề mặt; mức độ đổi màu trước và sau thử nghiệm; $\Delta E^* a^* b^* = ((a^*)^2 + (b^*)^2)^{1/2}$ (chẳng hạn, theo phương thức SCI) bằng cách sử dụng máy đo màu phổ quang kế.

Khi đánh giá khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế (mức độ rửa trôi Mg do việc bổ sung Sn hoặc tương tự) và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng (mức độ ăn mòn của bản thân lớp phủ), khả năng chống đổi màu của lớp phủ bề mặt, khoảng nồng độ Sn, và khoảng nồng độ Ca có xu hướng trùng khớp với nhau, và các khoảng thành phần này là rất tốt.

Được ưu tiên là, chẳng hạn, bề mặt đầu cắt 3,2mm được tạo ra ở sản phẩm thép phủ, và chiều rộng của gỉ trắng được tạo ra quanh phần bề mặt đầu cắt và tỷ lệ diện tích của gỉ đỏ trên phần bề mặt đầu cắt sau thử nghiệm ăn mòn đã được xác định trước được đo làm chỉ số cân bằng giữa khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng.

Trong sản phẩm thép phủ của sáng chế, mức chênh lệch ΔE trong không gian màu (hệ màu $L^*a^*b^*$) của CIELAB (theo JIS Z 8729) trước và sau thử nghiệm, như được đo trong quá trình khảo sát lớp hoàn thiện bề mặt được thể hiện trong phần Ví dụ thực hiện sáng chế, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 5, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 3, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2.

Trong trường hợp trong đó khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế mạnh và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng yếu, chiều rộng của gỉ trắng được tạo ra quanh bề mặt đầu tăng (quan sát được sự giảm khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng). Tuy nhiên, gỉ đỏ gần như không được tạo ra trên phần bề mặt đầu cắt.

Trong trường hợp trong đó khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế yếu và khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng cao, phần bề mặt đầu cắt được bao phủ bởi gỉ đỏ, nhưng chiều rộng của gỉ trắng được tạo ra quanh bề mặt đầu giảm.

Trong trường hợp bất kỳ, trừ khi khả năng bảo vệ ăn mòn được kiểm soát thích hợp, khả năng chống ăn mòn không thể được cân bằng từ quan điểm lâu dài. Do đó, việc

giảm gỉ đỏ được tạo ra trên phần bề mặt đầu cắt và kiểm soát thích hợp chiều rộng của gỉ trắng được tạo ra trên bề mặt đầu cắt dẫn đến khả năng chống ăn mòn dài hạn vượt trội.

Tiếp theo, lớp hợp kim Al-Fe sẽ được mô tả.

Lớp hợp kim Al-Fe được tạo ra trên bề mặt của sản phẩm thép (cụ thể là giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg), và pha Al_5Fe là lớp của pha chính của cấu trúc. Lớp hợp kim Al-Fe được tạo ra bởi sự khuếch tán nguyên tử giữa kim loại nền (sản phẩm thép) và dung dịch phủ. Trong trường hợp trong đó phương pháp phủ nhúng nóng được sử dụng làm phương pháp sản xuất, lớp hợp kim Al-Fe có thể được tạo ra trong lớp phủ chứa Al như là nguyên tố. Do dung dịch phủ chứa Al ở một nồng độ nhất định hoặc lớn hơn, Al_5Fe được tạo ra dưới dạng pha chiếm ưu thế nhất. Tuy nhiên, sự khuếch tán nguyên tử cần có thời gian, và phần gần kim loại nền có thể có nồng độ Fe cao. Do đó, lớp hợp kim Al-Fe có thể chứa một phần các lượng nhỏ của pha $AlFe$, pha Al_3Fe , pha Al_5Fe_2 , và pha tương tự. Hơn nữa, do dung dịch phủ cũng chứa một nồng độ nhất định của Zn, lớp hợp kim Al-Fe cũng chứa một lượng nhỏ Zn.

Đối với khả năng chống ăn mòn, không có mức chênh lệch đáng kể trong số pha Al_5Fe , pha Al_3Fe , pha $AlFe$, và pha Al_5Fe_2 . Thuật ngữ “khả năng chống ăn mòn” được sử dụng ở đây có nghĩa là khả năng chống ăn mòn ở vị trí không bị ảnh hưởng bởi quá trình hàn. Chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe trong lớp phủ nhỏ, và khả năng chống ăn mòn là thấp hơn khả năng chống ăn mòn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Do đó, không có mức chênh lệch đáng kể về khả năng chống ăn mòn của toàn bộ lớp phủ ngay cả khi tỷ lệ của các pha này thay đổi.

Ở đây, trong trường hợp trong đó Si được chứa trong lớp phủ, Si đặc biệt dễ được đưa vào trong lớp hợp kim Al-Fe, mà có thể tạo ra pha hợp chất liên kim loại Al-Fe-Si. Có pha $AlFeSi$ là pha hợp chất liên kim loại cần được xác định. Chẳng hạn, các pha α -, β -, $q1$ -, và $q2$ - $AlFeSi$ tồn tại dưới dạng các chất đồng phân. Do đó, các pha $AlFeSi$ này và tương tự có thể được phát hiện trong lớp hợp kim Al-Fe. Lớp hợp kim Al-Fe chứa các pha $AlFeSi$ này và pha tương tự còn được gọi là “lớp hợp kim Al-Fe-Si”.

Chiều dày lớp hợp kim Al-Fe-Si nhỏ hơn chiều dày lớp hợp kim Zn-Al-Mg và

do đó chỉ có tác động nhỏ lên khả năng chống ăn mòn của toàn bộ lớp phủ.

Ngoài ra, trong trường hợp trong đó khác nhau các sản phẩm thép phủ sơ bộ được sử dụng làm vật liệu nền cho lớp phủ (như tấm nền cho lớp phủ), cấu trúc của lớp hợp kim Al-Fe có thể thay đổi phụ thuộc vào lượng bám dính của lớp phủ sơ bộ. Cụ thể, có các trường hợp như trường hợp trong đó lớp kim loại tinh khiết được sử dụng để phủ sơ bộ còn lại xung quanh lớp hợp kim Al-Fe, trường hợp trong đó pha hợp chất liên kim loại (chẳng hạn, pha Al_3Ni) trong đó các thành phần của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và các hợp phần phủ sơ bộ được liên kết với nhau tạo ra lớp hợp kim, trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe trong đó một vài nguyên tử Al và nguyên tử Fe được thay thế bằng các nguyên tử khác được tạo ra, và trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe-Si trong đó một vài nguyên tử Al, nguyên tử Fe, và nguyên tử Si được thay thế bằng các nguyên tử khác được tạo ra. Trong trường hợp bất kỳ, các lớp hợp kim này cũng có chiều dày nhỏ hơn chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và do đó chỉ có tác động nhỏ lên khả năng chống ăn mòn của toàn bộ lớp phủ.

Nói cách khác, lớp hợp kim Al-Fe là lớp bao gồm các lớp hợp kim theo các khía cạnh khác đã mô tả ở trên, ngoài lớp hợp kim chủ yếu gồm pha Al_5Fe .

Chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe, chẳng hạn, lớn hơn hoặc bằng $0\mu\text{m}$ và nhỏ hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$ (thông thường, lớn hơn hoặc bằng 100nm và nhỏ hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$).

Điều này có nghĩa là lớp hợp kim Al-Fe không cần thiết được tạo ra. Tuy nhiên, thông thường, khi lớp phủ với thành phần hóa học như được quy định trong bản mô tả này được tạo ra bằng phương pháp phủ nhúng nóng, lớp hợp kim Al-Fe có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 100nm được tạo ra giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Giới hạn dưới của chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe không bị giới hạn đặc biệt. Đã nhận thấy rằng lớp hợp kim Al-Fe chắc chắn được tạo ra khi tạo ra lớp phủ nhúng nóng chứa Al. Ngoài ra, được xác định theo kinh nghiệm là chiều dày khoảng 100nm là chiều dày trong trường hợp trong đó sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe được ngăn chặn nhiều nhất, là chiều dày bảo đảm sự bám dính đủ giữa lớp phủ và kim loại nền (sản phẩm thép). Sẽ khó tạo ra lớp hợp kim Al-Fe mỏng hơn 100nm bằng phương pháp phủ nhúng nóng vì nồng độ Al cao trừ khi thực hiện các biện pháp đặc biệt. Tuy nhiên, trong trường hợp

trong đó lớp hợp kim Al-Fe có chiều dày nhỏ hơn 100nm hoặc không có lớp hợp kim Al-Fe được tạo ra, giả định rằng không có tác động lớn đến hiệu suất phủ.

Trong trường hợp trong đó chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe lớn hơn 5 μ m, hợp phần Al của lớp hợp kim Zn-Al-Mg cần được tạo ra trên lớp hợp kim Al-Fe là không đủ. Hơn nữa, độ bám dính và khả năng tạo hình của lớp phủ có xu hướng cực kỳ kém đi. Do đó, được ưu tiên là chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe được giới hạn đến nhỏ hơn hoặc bằng 5 μ m.

Lưu ý rằng lớp hợp kim Al-Fe cũng liên quan chặt chẽ với nồng độ Al và nồng độ Sn. Nói chung, khi nồng độ Al và nồng độ Sn tăng, tốc độ phát triển có xu hướng tăng.

Lớp hợp kim Al-Fe thường chủ yếu gồm có pha Al₅Fe. Do đó, ví dụ về thành phần hóa học của lớp hợp kim Al-Fe là thành phần bao gồm Fe: từ 25 đến 35%, Al: từ 65 đến 75%, Zn: nhỏ hơn hoặc bằng 5%, và phần còn lại: các tạp chất.

Thông thường, lớp hợp kim Zn-Al-Mg có chiều dày lớn hơn chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe. Do đó, lớp hợp kim Al-Fe dưới dạng tấm thép phủ góp phần vào khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng ở một mức độ nhỏ hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Tuy nhiên, lớp hợp kim Al-Fe chứa Al và Zn dưới dạng các nguyên tố chống ăn mòn, ở các nồng độ nhất định hoặc lớn hơn, như được ước tính từ các kết quả phân tích hợp phần. Do đó, lớp hợp kim Al-Fe có khả năng bảo vệ ăn mòn thay thế và các tác dụng ngăn chặn ăn mòn trên kim loại nền (sản phẩm thép) ở các mức độ nhất định.

Ở đây, khó xác nhận mức độ nào mà một mình lớp hợp kim Al-Fe mỏng góp phần vào khả năng chống ăn mòn bằng phương pháp đo định lượng. Tuy nhiên, chẳng hạn, trong trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe có chiều dày đủ, có thể đánh giá khả năng chống ăn mòn của chỉ mình lớp hợp kim Al-Fe bằng cách loại bỏ chính xác lớp hợp kim Zn-Al-Mg trên lớp hợp kim Al-Fe bằng cách cắt từ bề mặt của lớp phủ bằng cách sử dụng quá trình phay mặt đầu hoặc quá trình tương tự và thực hiện thử nghiệm ăn mòn. Lớp hợp kim Al-Fe chứa hợp phần Al và một lượng nhỏ hợp phần Zn. Trong trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe có mặt, gỉ đỏ được tạo ra dưới dạng các vết đốm, và toàn bộ bề mặt của lớp không được bao phủ bởi gỉ đỏ, không giống trường hợp trong đó kim loại nền (sản phẩm thép) được tiếp xúc mà không có lớp hợp kim Al-Fe.

Ngoài ra, khi mặt cắt ngang của lớp phủ đã đạt đến trạng thái ngay trước khi hình thành gỉ đỏ trên kim loại nền (sản phẩm thép) được quan sát trong quá trình thử nghiệm ăn mòn, có thể xác nhận được rằng mặc dù lớp hợp kim Zn-Al-Mg là lớp trên bị hòa tan và bị gỉ, lớp hợp kim Al-Fe vẫn được giữ lại để ngăn chặn sự ăn mòn của kim loại nền (sản phẩm thép). Điều này là do lớp hợp kim Al-Fe có tính điện hóa cao hơn lớp Zn-Al-Mg, nhưng kém hơn so với kim loại nền (sản phẩm thép). Từ các dữ kiện đó, có thể cho rằng lớp hợp kim Al-Fe cũng có một mức độ chống ăn mòn nhất định.

Từ quan điểm ăn mòn, được ưu tiên hơn nữa là lớp hợp kim Al-Fe dày hơn. Điều này có hiệu quả trì hoãn thời gian hình thành gỉ đỏ. Tuy nhiên, do lớp hợp kim Al-Fe dày làm giảm đáng kể khả năng tạo hình của lớp phủ, chiều dày tốt hơn là bằng hoặc nhỏ hơn một chiều dày nhất định. Chiều dày thích hợp được biết đến từ quan điểm khả năng tạo hình. Lớp hợp kim Al-Fe tốt hơn là có chiều dày của nhỏ hơn hoặc bằng $5\mu\text{m}$, bằng cách đó các vết nứt được tạo ra từ lớp hợp kim Al-Fe để phủ trong thử nghiệm uốn chữ V hoặc thử nghiệm tương tự và lượng tạo bột được giảm xuống. Chiều dày này tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng $2\mu\text{m}$.

Các phương pháp đo khác về các đặc tính của lớp phủ

Tiếp theo, các phương pháp đo khác về các đặc tính của lớp phủ sẽ được mô tả.

- Thành phần hóa học của lớp phủ -

Thành phần hóa học của lớp phủ được đo bằng phương pháp sau đây.

Trước tiên, dung dịch axit thu được bằng cách tróc và hòa tan lớp phủ bằng axit chứa chất ức chế ngăn chặn quá trình ăn mòn của kim loại nền (sản phẩm thép). Sau đó, bằng cách đo dung dịch axit thu được bằng phép phân tích plasma kết hợp cảm ứng (inductively Coupled Plasma, ICP), có thể thu được thành phần hóa học của lớp phủ (trong trường hợp trong đó lớp phủ có cấu trúc đơn lớp gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp trong đó lớp phủ có thành phần hóa học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp phủ có cấu trúc phân lớp gồm lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp trong đó lớp phủ có thành phần hóa học gồm lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg được phối hợp với nhau). Các loại axit không bị giới hạn đặc biệt miễn là một axit có thể hòa tan lớp phủ. Thành phần hóa học được đo dưới dạng thành phần hóa học trung bình.

- Phân đoạn diện tích của mỗi pha -

Phân đoạn diện tích của mỗi pha được đo bằng cách sử dụng ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp và sau đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần. Một ví dụ cụ thể của quá trình này sẽ được mô tả dưới đây.

Trước tiên, mẫu được thu hồi từ sản phẩm thép phủ cần được đo. Tuy nhiên, mẫu này được lấy từ phần không có khuyết tật của lớp phủ khác với vùng lân cận của phần bề mặt đầu đã được đột dập (2mm từ bề mặt đầu) của sản phẩm thép phủ.

Tiếp theo, bề mặt của lớp phủ (cụ thể là, lớp hợp kim Zn-Al-Mg) của mẫu được đánh bóng theo hướng chiều dày của lớp phủ (sau đây còn được gọi là “hướng trục Z”).

Trong bước đánh bóng bề mặt của lớp phủ theo hướng trục Z, bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp. Trong bước đánh bóng này, bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng khô bằng tấm đánh bóng số 1200, và sau đó được đánh bóng cuối cùng bằng cách sử dụng chất lỏng cuối cùng chứa nhôm oxit có kích thước hạt trung bình bằng $3\mu\text{m}$, chất lỏng cuối cùng chứa nhôm oxit có kích thước hạt trung bình bằng $1\mu\text{m}$, và chất lỏng cuối cùng chứa silic oxit dạng keo theo thứ tự này.

Mẫu thử nghiệm đánh bóng tốt hơn là được nhúng trong nhựa và được đánh bóng.

Về chỉ số của độ sâu, khi vết lõm Vickers cho biết góc đỉnh chóp hoặc tương tự được đưa vào trong nhựa xung quanh tấm thép phủ và vết lõm Vickers hoàn toàn biến mất, độ sâu từ bề mặt được đánh bóng có thể được đo. Do đó, không có sai số, và có thể dễ dàng đo được khoảng cách đánh bóng. Trong trường hợp trong đó chiều dài của đường chéo của vết lõm Vickers được xác định, khoảng cách theo hướng độ sâu được xác định bằng cách tính $\tan\theta/2$ của góc đỉnh chóp và sử dụng giá trị này.

Tiếp theo, bề mặt được đánh bóng của mẫu lớp hợp kim Zn-Al-Mg được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) ở độ phóng đại 500 lần để thu được ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (sau đây còn được gọi là “ảnh điện tử tán

xạ ngược SEM”). Các điều kiện quan sát SEM là như sau: điện thế gia tốc: 15kV, dòng phát xạ: 10nA, và kích thước trường: $1000\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$.

Để xác định mỗi pha được bao gồm trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, FE-SEM được trang bị thiết bị phân tích tia X phân tán năng lượng (energy dispersive X-ray analyzer, EDS) hoặc kính hiển vi điện tử truyền qua (transmission electron microscope, TEM) được sử dụng. Trong trường hợp sử dụng TEM, bề mặt được đánh bóng của cùng một mẫu lớp hợp kim Zn-Al-Mg cần được đo được xử lý bằng chùm ion điều tiêu (focused ion beam, FIB). Sau khi xử lý bằng FIB, thu được ảnh nhiễu xạ điện tử TEM của bề mặt được đánh bóng của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Sau đó, kim loại được chứa trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định.

Tiếp theo, ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được so sánh với các kết quả nhận dạng của FE-SEM hoặc ảnh nhiễu xạ điện tử TEM, và mỗi pha được bao gồm trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM. Trong quá trình xác định mỗi pha được bao gồm trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, nên thực hiện phép phân tích điểm EDS, và các kết quả của phép phân tích điểm EDS được so sánh với các kết quả nhận dạng của ảnh nhiễu xạ điện tử TEM. Hệ EPMA có thể được sử dụng để nhận dạng mỗi pha. Trong trường hợp trong đó có hình ảnh ánh xạ, vị trí của mỗi nguyên tố có thể được xác định dễ dàng, và do đó đặc biệt thuận tiện khi phân biệt pha MgZn_2 với hợp chất Mg-Sn.

Tiếp theo, trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM, ba giá trị gồm độ sáng, sắc độ, và độ tương phản theo thang độ xám được chỉ ra bởi mỗi pha trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định. Ba giá trị gồm độ sáng, sắc độ, và độ tương phản được chỉ ra bởi mỗi pha phản ánh số nguyên tử của nguyên tố được chứa trong mỗi pha. Do đó, thông thường, pha có các hàm lượng lớn của Al và Mg với các số nguyên tử nhỏ có xu hướng có màu đen, và pha có hàm lượng Zn lớn có xu hướng có màu trắng.

Dựa trên các kết quả so khớp EDS đã mô tả ở trên, quá trình xử lý hình ảnh bởi máy tính được thực hiện để thay đổi màu sắc chỉ trong khoảng của ba giá trị đã mô tả ở trên được chỉ ra bởi mỗi pha được chứa trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, để đạt được sự nhất quán với ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (chẳng hạn, diện tích (số lượng điểm ảnh) của mỗi pha trong trường nhìn được tính bằng cách chỉ hiển thị một pha cụ thể dưới

dạng hình ảnh màu trắng). Quá trình xử lý hình ảnh này đối với mỗi pha được thực hiện, bằng cách đó phân đoạn diện tích của mỗi pha trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định.

Phân đoạn diện tích của mỗi pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định là giá trị trung bình của phân đoạn diện tích của mỗi pha thu được bằng quá trình đã mô tả ở trên trong ít nhất ba phạm vi nhìn thấy hoặc hơn.

Ở đây, như được minh họa trên Fig.1, mỗi ảnh SEM của mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được lấy làm ảnh điện tử tán xạ ngược. Thông thường, các pha tạo nên lớp hợp kim Zn-Al-Mg (như pha Al, pha $MgZn_2$, pha Zn, và pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) có thể được phân biệt dễ dàng do các số nguyên tử khác nhau rõ ràng.

Trong trường hợp trong đó khó phân biệt mỗi pha, thực hiện phép phân tích nhiễu xạ chùm điện tử bởi TEM hoặc phép phân tích điểm EDS.

Ngoài ra, mỗi trong số pha Al, pha $MgZn_2$, và pha Zn thường được quan sát bằng kích thước hạt lớn hơn hoặc bằng $1\mu m$ và được xác định dễ dàng bằng cách sử dụng EDS.

- Giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al/tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ -

Giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ được đo bằng cách sử dụng ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa của chiều dày lớp, và sau đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần. Một ví dụ cụ thể của nó sẽ được mô tả dưới đây.

Ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thu được theo cách tương tự với phương pháp đo phân đoạn diện tích của mỗi pha. Sau đó, dựa trên các kết quả so khớp EDS đã mô tả ở trên, quá trình xử lý hình ảnh (nhị phân hóa) mà thay đổi màu sắc chỉ trong khoảng của ba giá trị đã mô tả ở trên được chỉ ra bởi pha Al được chứa trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg được thực hiện để đạt được sự nhất quán với ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (chẳng hạn, diện tích (số lượng điểm ảnh) của mỗi pha trong trường nhìn được tính bằng

cách chỉ hiển thị pha Al dưới dạng hình ảnh màu trắng). Quá trình xử lý hình ảnh này được thực hiện, bằng cách đó pha Al trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định.

Là một ví dụ, phương pháp xác định pha Al trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (hình ảnh theo thang độ xám được lưu trữ bằng 8 bit, hiển thị 256 màu) bằng cách sử dụng chức năng xử lý nhị phân dựa trên hai ngưỡng của WinROOF 2015 (phần mềm phân tích hình ảnh) sản xuất bởi Mitani Corporation sẽ được mô tả. Lưu ý rằng, trong hình ảnh theo thang độ xám được lưu trữ bằng 8 bit, độ sáng bằng 0 tương ứng với màu đen, và giá trị lớn nhất bằng 255 tương ứng với màu trắng. Từ các kết quả nhận dạng bằng FE-SEM và TEM đã nhận thấy rằng, trong trường hợp của ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được mô tả ở trên, pha Al được nhận dạng chính xác khi các ngưỡng độ sáng được đặt đến 10 và 95. Do đó, hình ảnh được xử lý sao cho các biến thiên về màu sắc xảy ra trong khoảng độ sáng nằm trong khoảng từ 10 đến 95, và pha Al được xác định. Phần mềm phân tích hình ảnh khác với WinROOF 2015 có thể được sử dụng cho quá trình xử lý nhị phân hóa.

Tiếp theo, chiều dài chu vi của pha Al được xác định bởi quá trình xử lý hình ảnh được tích lũy bằng cách sử dụng chức năng phân tích đặc trưng hình dạng tự động của WinROOF 2015 (phần mềm phân tích hình ảnh) sản xuất bởi Mitani Corporation, và thu được các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al. Sau đó, các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al trên mỗi diện tích đơn vị (mm^2) được tính bằng cách chia các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al cho diện tích của phạm vi nhìn thấy.

Quá trình này được thực hiện trong ba phạm vi nhìn thấy, và trung bình cộng của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al trên mỗi diện tích đơn vị (mm^2) được xác định là “giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al”.

Trong số các pha Al riêng lẻ được xác định bởi quá trình xử lý hình ảnh, số lượng của các pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ được đếm. Tổng được tính.

Quá trình này được thực hiện trong ba phạm vi nhìn thấy, và trung bình cộng của tất cả các pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ được xác định là “tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$ ”.

- Các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ($L_{surface}$, L_{medium} , và $L_{boarder}$) -

Các chiều dài tương ứng bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ($L_{surface}$, L_{medium} , và $L_{boarder}$) được đo bằng cách sử dụng ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp phủ thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp phủ, mặt cắt ngang được cắt theo hướng chiều dày, ở phạm vi nhìn thấy $250\mu m \times 700\mu m$ và độ phóng đại 500 lần bằng kính hiển vi điện tử quét. Một ví dụ cụ thể của nó sẽ được mô tả dưới đây.

Trước tiên, mẫu được thu hồi từ sản phẩm thép phủ cần được đo. Tuy nhiên, mẫu được lấy ra từ phần không có khuyết tật của lớp phủ khác với vùng lân cận của phần bề mặt đầu đã được đột dập (2mm từ bề mặt đầu) của sản phẩm thép phủ.

Tiếp theo, mặt cắt ngang (vết cắt mặt cắt ngang theo hướng chiều dày) của lớp phủ của mẫu được xử lý bằng cách sử dụng thiết bị đánh bóng mặt cắt ngang (CROSS SECTION POLISHER, CP) hoặc được gia công bằng cách đánh bóng. Sau khi gia công, mặt cắt ngang của mẫu lớp phủ (cụ thể, lớp hợp kim Zn-Al-Mg) được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) ở độ phóng đại 500 lần để thu được ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (sau đây, còn được gọi là “ảnh điện tử tán xạ ngược SEM”). Các điều kiện quan sát SEM là như sau: điện thế gia tốc: 15kV, dòng phát xạ: 10nA, và kích thước trường: $250\mu m \times 700\mu m$.

Tiếp theo, theo cách tương tự với phương pháp đo phân đoạn diện tích của mỗi pha, dựa trên các kết quả so khớp EDS đã mô tả ở trên, quá trình xử lý hình ảnh được thực hiện để thay đổi màu sắc chỉ trong khoảng của ba giá trị đã mô tả ở trên được chỉ ra bởi pha Al và $MgZn_2$ được chứa trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, để đạt được sự nhất quán với ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (chẳng hạn, diện tích (số lượng điểm ảnh) của mỗi pha trong trường nhìn được tính bằng cách chỉ hiển thị pha Al và pha $MgZn_2$ dưới dạng các hình ảnh có màu sắc có thể phân biệt được). Quá trình xử lý hình ảnh này được thực hiện, bằng cách đó pha Al và pha $MgZn_2$ trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định.

Trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM đã được xử lý hình ảnh, tỷ lệ của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường bao của bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{surface}$), đối với chiều dài của đường bao của bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, được xác định.

Hơn nữa, tỷ lệ của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường nối các vị trí ở một nửa của chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}), đối với chiều dài của đường này, được xác định.

Hơn nữa, tỷ lệ của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ chồng lấp trên đường bao của mặt phân cách giữa lớp hợp kim Zn-Al-Mg và sản phẩm thép ($L_{boarder}$) (trong trường hợp bao gồm lớp hợp kim Al-Fe, mặt phân cách giữa lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe), đối với đường bao này của mặt phân cách, được xác định.

Ngoài ra, như được minh họa trên Fig.6, cấu trúc có tỷ lệ màu đen không đổi (xem Fig.6 (A)) có thể được nhị phân hóa bằng cách làm tương phản. Điều này là do lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$ là các pha hợp phần chính, và do đó chỉ pha Zn có thể được phân biệt (xem Fig.6 (B)).

Vì độ phóng đại là 500 lần, khi không thể phân biệt pha hợp chất liên kim loại, pha Al, và pha $MgZn_2$ trong số các pha nhỏ hơn $5\mu m$, việc chuyển thành pha Al và pha $MgZn_2$ không gây ra vấn đề gì. Điều này là do tỷ lệ khi được chia cuối cùng nhỏ. Hơn nữa, khi một pha có kích thước rõ ràng (pha lớn hơn hoặc bằng $5\mu m$) rõ ràng là pha khác với pha Al và pha $MgZn_2$, trong trường hợp trong đó pha này không được bao quanh bởi 360° bên trong pha Al hoặc pha $MgZn_2$, việc chuyển đổi được thực hiện bằng cách ngoại trừ pha này ra khỏi chiều dài.

Ở đây, mặt phân cách giữa lớp hợp kim Zn-Al-Mg và sản phẩm thép và đường bao này của bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg tốt hơn là nơi có thể gần giống một đường thẳng càng tốt. Độ nghiêng của đường thẳng được đặt trong khoảng ± 2 độ, và tỷ lệ của pha Al và pha $MgZn_2$ tiếp xúc với đường thẳng được xác định. Một đường gần như song song với lớp phủ, ở trên cùng và dưới cùng, bên trái và bên phải, và trung tâm của đường bao của mỗi trong số bề mặt và mặt phân cách, tương ứng với đường trung tâm (nghĩa là, đường nối các vị trí ở một nửa của chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg).

Quá trình này được thực hiện trong ba phạm vi nhìn thấy, và các tỷ lệ của các chiều dài của pha Al và pha $MgZn_2$ được xác định: tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{surface}$), tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-

Al-Mg (L_{medium}), và tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}), tương ứng.

Chiều dày của lớp hợp kim Al-Fe được đo như sau.

Sau khi nhúng mẫu trong nhựa, mẫu được đánh bóng, và lớp phủ của mẫu (vết cắt mặt cắt ngang dọc theo hướng chiều dày của lớp phủ) được chụp ảnh điện tử tán xạ ngược SEM, tiếp theo đo chiều dày ở năm điểm tùy ý của lớp hợp kim Al-Fe đã được xác định trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (nơi mà phạm vi nhìn thấy trong đó lớp hợp kim Al-Fe được nhận ra bằng mắt thường ở độ phóng đại 5000 lần và kích thước trường là dài $50\mu\text{m}$ $\times$ rộng $200\mu\text{m}$). Trung bình cộng của năm điểm được xác định là chiều dày của mặt phân cách lớp hợp kim.

- Các điều kiện đo nhiễu xạ tia X (XRD) -

Về cường độ nhiễu xạ tia X (XRD), Cu, Co, và tương tự có thể được sử dụng cho nguồn bức xạ. Tuy nhiên, cuối cùng cần tính và thay đổi góc nhiễu xạ theo nguồn bức xạ Cu. Đầu ra tia X ở 40kV và 150mA được đặt. Phạm vi đo tốt hơn là từ 5° đến 90° , và bước tốt hơn là khoảng $0,01^\circ$. Để đạt được cường độ số đếm mỗi giây (count per second, cps) ở góc nhiễu xạ cụ thể, thu được giá trị trung bình khoảng $\pm 0,05^\circ$. Nói cách khác, chẳng hạn, đối với cường độ bằng $23,3^\circ$, thu được giá trị trung bình của từ $22,25^\circ$ đến $22,35^\circ$. Cần thu được mỗi chỉ số cường độ bằng cách không thực hiện các biện pháp như loại bỏ nền để làm rõ đỉnh trước khi tính giá trị trung bình của cường độ.

Để loại bỏ sự ảnh hưởng của lớp oxy hóa như là lớp ngoài cùng, lớp phủ được cắt ở chiều sâu $1\mu\text{m}$ từ bề mặt, và cường độ nhiễu xạ tia X (XRD) của bề mặt của lớp phủ được đo.

Các điều kiện đo cụ thể, chẳng hạn, là như sau.

Để làm thiết bị đo, chẳng hạn, nhiễu xạ kế tia X (RINT 1500) và máy đo góc rộng RINT 1000 sản xuất bởi Rigaku Corporation được sử dụng.

Các điều kiện đo là, chẳng hạn, đầu ra tia X ở 40kV và 150mA, tốc độ quét bằng $2^\circ/\text{phút}$, bước bằng $0,01^\circ$, phạm vi quét nằm trong khoảng từ 5° đến 90° , khe tới bằng 1° , và khe nhận ánh sáng bằng 1° và $0,15\text{mm}$.

Phương pháp sản xuất sản phẩm thép phủ

Tiếp theo, một ví dụ về phương pháp sản xuất sản phẩm thép phủ của sáng chế sẽ được mô tả.

Sản phẩm thép phủ của sáng chế thu được bằng cách tạo ra lớp phủ trên bề mặt (một bề mặt hoặc cả hai bề mặt) của vật liệu nền cho lớp phủ (như tấm nền phủ) bằng phương pháp phủ nhúng nóng.

Cụ thể, sản phẩm thép được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi đưa sản phẩm thép ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng bước làm nguội bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên.

Ở đây, nhiệt độ của dung dịch phủ nhúng nóng tốt hơn là ít nhất bằng điểm nóng chảy của dung dịch phủ $+ 10^{\circ}\text{C}$ hoặc lớn hơn.

Trong trường hợp trong đó sản phẩm thép được đưa ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng và được làm nguội bằng bước làm nguội bằng cách thổi khí trong các điều kiện mà tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) là lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, sản phẩm thép trở thành trạng thái được làm nguội sơ bộ. Nói chung, sự hình thành các nhân chiếm ưu thế khi mức độ làm nguội sơ bộ cao, và sự phát triển chiếm ưu thế khi mức độ làm nguội sơ bộ là thấp. Sự hóa rắn của lớp phủ này cũng tuân theo một hiện tượng chung là lắng đọng kim loại. Do đó, các vảy kim loại cần phải có số lượng nhân thích hợp được tạo ra và phát triển tiếp, tốc độ làm nguội và khoảng của nó là các điều kiện kiểm soát để tạo ra một mức độ làm nguội sơ bộ nhất định.

Tuy nhiên, mức làm nguội sơ bộ quá mức dẫn đến tăng sự hình thành của các nhân, và mức độ làm nguội càng gần nhiệt độ đường pha lỏng thì càng làm tăng khả năng kết tủa của quá trình hóa rắn. Do đó, không thể kiểm soát được sự hóa rắn, và sự hóa rắn có thể bắt đầu từ bề mặt. Do đó, được ưu tiên là đặt giới hạn trên và giới hạn dưới của tốc độ làm nguội trung bình trong một khoảng nhiệt độ cụ thể.

Cụ thể, trong khoảng từ 410 đến 370°C, tốc độ làm nguội trung bình được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 12°C/giây và nhỏ hơn 15°C/giây. Nói cách khác, do tốc độ làm nguội thay đổi dần dần và nhẹ nhàng xung quanh 390°C, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nêu trên cần được sử dụng khi làm nguội trong khoảng từ 410°C đến 370°C, để chắc chắn tạo ra các vảy kim loại thích hợp trên bề mặt của lớp phủ. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội trung bình nằm ngoài khoảng nêu trên, lớp hoàn thiện bề mặt của bề mặt của lớp phủ thay đổi rất lớn.

Sau đó, sau khi sản phẩm thép được đưa ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, sản phẩm thép được làm nguội trong các điều kiện mà tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn 12°C/giây bằng bước làm nguội bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên, bằng cách đó hợp phần phủ được làm nguội chậm. Trong trường hợp trong đó hợp phần phủ không được làm nguội chậm từ 370°C đến 150°C, tốc độ làm nguội quá cao, số lượng của các nhân được tạo ra tăng, các vảy kim loại không phát triển (không xuất hiện), và cấu trúc mịn được tạo ra.

Trong trường hợp không thực hiện bước làm nguội trong các điều kiện mà tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 4°C/giây, điều này gây ra sự kết tủa của pha hợp chất (như pha Mg_2Zn_{11} hoặc pha $MgZn$) mà có thể bị phân hủy từ pha $MgZn_2$ thành hợp chất liên kim loại, làm cho lớp hoàn thiện bề mặt không rõ ràng và ngăn chặn sự hình thành vảy kim loại trong khoảng nhiệt độ này. Nói cách khác, trong trường hợp được giữ trong vùng có nhiệt độ cao trong một khoảng thời gian dài, pha hợp chất gần với pha cân bằng ban đầu được kết tủa, nên pha $MgZn_2$ màu xám được minh họa trên Fig.1 bị phân hủy và biên vảy kim loại trở nên không rõ. Do đó, việc tạo ra các vảy kim loại bị ảnh hưởng bất lợi. Hơn nữa, có sự ảnh hưởng không mong muốn đến khả năng chống ăn mòn.

Hơn nữa, khi tốc độ làm nguội được giảm liên tục, sự thay đổi lớn không xảy ra theo hướng hóa rắn và hướng phát triển nhân. Tuy nhiên, khi tốc độ làm nguội được tăng lên (chẳng hạn, tốc độ làm nguội được tăng từ 7°C/giây đến 10°C/giây), các bất thường xảy ra trong hướng phát triển, ảnh hưởng bất lợi đến sự hình thành vảy kim loại và làm thay đổi rất lớn lớp hoàn thiện bề mặt của bề mặt của lớp phủ. Do đó, cần thiết kiểm soát bước làm nguội tiếp theo sau bước làm nguội ở 370°C để tốc độ làm nguội được

giảm dần dần. Nói cách khác, không cần phải tăng tốc độ làm nguội trong quá trình này ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 370°C đến 150°C.

Đặc biệt, sự tăng nhẹ tốc độ làm nguội có xu hướng ảnh hưởng bất lợi đến $(L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}})$ trong công thức 6, $(L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}})$ trong công thức 7.

Hơn nữa, tốc độ làm nguội tốt hơn là được đặt đến nhỏ hơn 10°C/giây ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 325°C đến 300°C. Điều này là do tinh thể có nhiều khả năng phát triển ở nhiệt độ cao hơn. Do đó, được ưu tiên là làm nguội tinh thể chậm trong vùng nhiệt độ cao trong đó tinh thể dễ phát triển.

Như được mô tả ở trên, trong bước làm nguội tiếp theo sau bước làm nguội ở 370°C, tốc độ làm nguội quá thấp là không được ưu tiên về lớp hoàn thiện bề mặt vì sự phân hủy của pha MgZn_2 diễn ra, và tốc độ làm nguội quá nhanh cũng ảnh hưởng bất lợi đến sự hình thành vảy kim loại. Do đó, cần phải kiểm soát tốc độ làm nguội.

Do đó, thu được sản phẩm thép phủ trong đó các vảy kim loại được tạo ra.

Ở đây, sản phẩm thép phủ được gia nhiệt lại để làm nóng chảy lại lớp phủ của nó, bằng cách đó tất cả các pha cấu thành biến mất và sản phẩm thép phủ ở dạng pha lỏng. Do đó, chẳng hạn, ngay cả trong trường hợp sử dụng sản phẩm thép phủ mà đã được xử lý một lần bằng bước tôi hoặc bước tương tự, có thể thu được sản phẩm thép phủ của sáng chế trong bước xử lý làm nguội thích hợp bằng cách gia nhiệt lại theo phương thức độc lập. Trong trường hợp này, được ưu tiên là đặt nhiệt độ để gia nhiệt lại lớp phủ đến ngay trên điểm nóng chảy của dung dịch phủ, nằm trong khoảng nhiệt độ trong đó lớp hợp kim Al-Fe không phát triển quá mức.

Sự hình thành các vảy kim loại bị ảnh hưởng mạnh bởi phản ứng hóa rắn (tốc độ làm nguội) của lớp phủ, vị trí tại đó các nhân đã được hóa rắn có thể được tạo ra, hướng giải phóng nhiệt, và tương tự. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội được duy trì, dễ dàng tạo ra các vảy kim loại, nhưng sai số xảy ra giữa các mẫu phụ thuộc vào hình dạng đường này, và các vảy kim loại không nhất thiết phải được tạo ra theo cùng một phương pháp.

Điều này là do sự hình thành vảy kim loại có thể thay đổi phụ thuộc vào khí được thổi vào trong quá trình làm nguội và mức độ dễ dàng của bước làm nguội bề mặt

của lớp phủ (yếu tố theo mùa). Nói cách khác, khó kiểm soát sự hình thành vảy kim loại do lớp phủ được hóa rắn bắt đầu từ mặt phân cách của kim loại nền của lớp phủ và bề mặt của lớp phủ, nhưng vảy kim loại sự phát triển bắt đầu từ bề mặt của lớp phủ ảnh hưởng rất mạnh đến hoa văn vảy kim loại. Do đó, sự hình thành và sự phát triển của các vảy kim loại bắt đầu từ mặt phân cách của kim loại nền của lớp phủ là biện pháp để làm ổn định liên tục hoa văn vảy kim loại.

Để hóa rắn lớp phủ chỉ bằng cách hình thành và phát triển của các vảy kim loại ở mặt phân cách của kim loại nền của lớp phủ, được ưu tiên là loại bỏ sự xuất hiện của quá trình hóa rắn lớp phủ bề mặt dưới dạng lõi. Trong quá trình loại bỏ này, bề mặt của sản phẩm thép phủ trước tiên được gia nhiệt lại. Sau khi gia nhiệt, lớp phủ được tiếp xúc lần nữa với môi trường khí có nhiệt độ cao từ vùng trong đó nhiệt độ nhỏ hơn 370°C , gia nhiệt lại nhiệt độ bề mặt lớp phủ nằm trong khoảng từ T_{melt} đến $T_{\text{melt}} - 20^{\circ}\text{C}$, và được giữ trong khoảng thời gian nhỏ hơn 5 giây, bằng cách đó sự hóa rắn bề mặt của lớp phủ chắc chắn được loại bỏ. Sau đó, lớp phủ được làm nguội lần nữa theo lịch sử nhiệt độ, do đó có thể tạo ra lớp phủ chủ yếu là do sự hình thành và phát triển của các nhân đã được hóa rắn ở mặt phân cách, và hoa văn vảy kim loại được làm ổn định trong trường hợp bất kỳ. Trong trường hợp trong đó lớp phủ được giữ trong khoảng thời gian lớn hơn hoặc bằng 5 giây, tất cả các lớp phủ đều bị hòa tan, và do đó cần thiết thực hiện lại bước làm nguội sau khi giữ trong thời gian ngắn.

Ngoài ra, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến 370°C (trong khoảng $T_{\text{melt}} + 10^{\circ}\text{C}$ khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) có thể được đặt đến $12 \pm 5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong khoảng nhiệt độ làm thay đổi tốc độ làm nguội.

Khả năng để tạo ra các vảy kim loại thay đổi phụ thuộc vào việc lựa chọn thành phần hóa học thích hợp của lớp phủ. Như được mô tả ở trên, thành phần hóa học của lớp phủ tốt hơn là gần với đường eutectic Al-MgZn₂. Nói cách khác, khi nồng độ Mg của lớp phủ càng gần trung vị của công thức 5, khả năng tạo ra các vảy kim loại càng cao, và các phương pháp khác có thể được áp dụng mà không bị giới hạn ở các phương pháp nêu trên. Ngược lại, khi nồng độ Mg của lớp phủ lệch khỏi trung vị của công thức 5, khả năng tạo ra các vảy kim loại giảm, và phương pháp sản xuất bị giới hạn. Trừ khi phương

pháp sản xuất là phương pháp đã mô tả ở trên, không thì không thể tạo ra các vảy kim loại.

Sau đây, việc hậu xử lý mà có thể được áp dụng cho sản phẩm thép phủ của sáng chế sẽ được mô tả.

Một màng có thể được tạo ra trên lớp phủ của sản phẩm thép phủ của sáng chế. Một màng có một hoặc nhiều lớp có thể được tạo ra. Các ví dụ về màng được tạo ra ngay trên lớp phủ bao gồm, chẳng hạn, màng cromat, màng phosphat, và màng không chứa cromat. Quá trình xử lý cromat, quá trình xử lý phosphat, và quá trình xử lý không chứa cromat để tạo ra các màng này có thể được thực hiện bằng các phương pháp đã biết.

Các ví dụ về quá trình xử lý cromat bao gồm xử lý cromat điện phân để tạo ra màng cromat bằng phép điện phân, xử lý cromat phản ứng để tạo ra màng bằng cách sử dụng phản ứng với nguyên liệu và sau đó rửa sạch dung dịch xử lý dư, và xử lý cromat loại phủ để phủ dung dịch xử lý đến vật thể đã được phủ và làm khô dung dịch để tạo ra màng mà không cần rửa bằng nước. Quá trình xử lý bất kỳ trong số các quá trình xử lý này có thể được chấp nhận.

Một ví dụ về quá trình xử lý cromat điện phân là xử lý cromat điện phân bằng cách sử dụng axit cromic, dung dịch keo silic oxit, nhựa (như axit phosphoric, nhựa acrylic, nhựa vinyl este, nhũ tương vinyl axetat acrylic, latec carboxyl styren butadien, hoặc nhựa epoxy được cải biến diisopropanolamin), và silic oxit rắn.

Các ví dụ về quá trình xử lý phosphat bao gồm xử lý phosphat kẽm, xử lý phosphat kẽm canxi, và xử lý phosphat mangan.

Quá trình xử lý không chứa cromat là đặc biệt thích hợp vì không tạo gánh nặng lên môi trường. Các ví dụ về quá trình xử lý không chứa cromat bao gồm quá trình xử lý không chứa cromat điện phân để tạo ra màng không chứa cromat bằng phép điện phân, quá trình xử lý phản ứng không chứa cromat để tạo ra màng bằng cách sử dụng phản ứng với nguyên liệu và sau đó rửa sạch dung dịch xử lý dư, và quá trình xử lý dạng lớp phủ không chứa cromat để phủ dung dịch xử lý đến vật thể đã được phủ và làm khô dung dịch để tạo ra màng mà không cần rửa bằng nước. Quá trình xử lý bất kỳ trong số các quá trình xử lý này có thể được chấp nhận.

Ngoài ra, một hoặc nhiều lớp màng nhựa hữu cơ có thể được cung cấp trên màng ngay ở trên lớp phủ. Nhựa hữu cơ không bị giới hạn ở một loại cụ thể nào, và các ví dụ về nó bao gồm nhựa polyeste, nhựa polyuretan, nhựa epoxy, nhựa acrylic, nhựa polyolefin, và các sản phẩm biến tính của các nhựa này. Ở đây, thuật ngữ “sản phẩm biến tính” dùng để chỉ nhựa thu được bằng cách cho nhóm chức phản ứng được chứa trong cấu trúc của nhựa bất kỳ trong số các nhựa này phản ứng với hợp chất khác (như monome hoặc chất liên kết ngang) chứa nhóm chức có khả năng phản ứng với nhóm chức này.

Để làm nhựa hữu cơ như vậy, một hoặc nhiều loại nhựa hữu cơ (không biến tính) có thể được trộn để sử dụng, hoặc một hoặc nhiều loại nhựa hữu cơ thu được bằng cách biến tính ít nhất một nhựa hữu cơ khác với sự có mặt của ít nhất một nhựa hữu cơ có thể được trộn để sử dụng. Ngoài ra, màng nhựa hữu cơ có thể tùy ý chứa chất tạo màu và chất tạo màu chống gỉ. Cũng có thể sử dụng nhựa hữu cơ trên cơ sở nước thu được bằng cách hòa tan hoặc phân tán nhựa trong nước.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sau đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn dựa vào các ví dụ. Tuy nhiên, mỗi ví dụ trong số các ví dụ này không giới hạn sáng chế.

Ví dụ A

Để thu được các lớp phủ có các thành phần hóa học được thể hiện trong các bảng 1 và 2, lượng đã được xác định trước của thỏi kim loại tinh khiết được sử dụng và được làm nóng chảy trong lò nóng chảy chân không, tiếp theo tạo dung dịch phủ ban đầu trong không khí. Để tạo ra các tấm thép phủ, thiết bị phủ nhúng nóng loại theo mẻ được sử dụng.

Để làm tấm nền cho lớp phủ, tấm thép cán nóng dày 3,2mm (vật liệu có vảy thép cán) (thành phần hóa học: nồng độ C = 0,16%, nồng độ Si = 0,01%, nồng độ Mn = 0,44%, nồng độ P = 0,017%, nồng độ S = 0,008%), được quy định trong JIS G 3131, được sử dụng.

Bước tẩy mỡ và tẩy gỉ (cụ thể, tấm thép được tẩy gỉ bằng cách ngâm tấm thép trong dung dịch HCl 10% trong nước ở 70°C trong 5 phút) được thực hiện trên tấm thép

cán nóng ngay trước bước phủ, nhờ đó vảy thép cán trên bề mặt bị bong ra. Tấm thép cán nóng mà từ đó vảy thép cán trên bề mặt đã được làm bong ra được rửa bằng nước và làm khô, và sau đó tấm thép cán nóng này được đưa đến trạng thái trong đó không có các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt đáng kể.

Trong quá trình sản xuất tấm thép phủ bất kỳ, phương pháp xử lý khử tương tự được áp dụng cho tấm nền cho lớp phủ cho tới khi nhúng trong dung dịch phủ. Nói cách khác, tấm nền cho lớp phủ được gia nhiệt từ nhiệt độ trong phòng đến 800°C bằng cách gia nhiệt bằng điện trong môi trường N₂-H₂ (5%) (điểm sương nhỏ hơn hoặc bằng -40°C, nồng độ oxy nhỏ hơn 25ppm), giữ trong 60 giây, làm nguội đến nhiệt độ dung dịch phủ + 10°C bằng cách phun khí N₂, và được ngâm ngay trong dung dịch phủ. Thời gian ngâm của sản phẩm thép phủ bất kỳ trong dung dịch phủ được đặt đến 5 giây. Áp suất gạt khí N₂ được điều chỉnh và bước phủ được thực hiện để chiều dày của lớp phủ bằng 30µm (± 1µm), bằng cách đó tấm thép phủ được tạo ra.

Sau đó, năm bước phủ sau đây được thực hiện theo các bảng 1 và 2.

Phương pháp sản xuất A: Nhiệt độ dung dịch phủ được điều chỉnh đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 20°C đến 50°C. Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 12°C/giây (từ 12 đến 30°C/giây) bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn 12°C/giây và lớn hơn hoặc bằng 4°C/giây bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên (khoảng chấp nhận được).

Về vấn đề này, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 410°C đến 370°C là lớn hơn hoặc bằng 12°C và nhỏ hơn 15°C/giây.

Hơn nữa, tốc độ làm nguội từ 370°C đến khi hoàn thành quá trình sản xuất tấm thép phủ được kiểm soát để được giảm xuống và không được tăng trong quá trình làm nguội.

Phương pháp sản xuất B: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C. Sau

đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và lớn hơn hoặc bằng $4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên.

Về vấn đề này, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 410°C đến 370°C là lớn hơn hoặc bằng 12°C và nhỏ hơn $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Hơn nữa, tốc độ làm nguội từ 370°C đến khi hoàn thành quá trình sản xuất tấm thép phủ được kiểm soát để không được giảm và không được tăng trong quá trình làm nguội.

Phương pháp sản xuất B1: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 300°C được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và lớn hơn hoặc bằng $4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên, và áp suất khí được tăng lên trong quá trình này để tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 300°C đến 150°C nằm trong khoảng từ 12 đến $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Về vấn đề này, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 410°C đến 370°C là lớn hơn hoặc bằng 12°C và nhỏ hơn $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Phương pháp sản xuất B2: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ

đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn $4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng cách làm nguội trong lò gia nhiệt hồng ngoại.

Về vấn đề này, tốc độ làm nguội trung bình trong khoảng nhiệt độ nằm trong khoảng từ 410°C đến 370°C là lớn hơn hoặc bằng 12°C và nhỏ hơn $15^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Hơn nữa, tốc độ làm nguội từ 370°C đến khi hoàn thành quá trình sản xuất tấm thép phủ được kiểm soát để không được giảm và không được tăng trong quá trình làm nguội.

Phương pháp sản xuất C: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 0,1 đến $11,9^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ và lớn hơn hoặc bằng $4^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên.

Phương pháp sản xuất D: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc lớn hơn hoặc bằng (từ 12 đến $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí.

Phương pháp sản xuất E: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi

nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C đến 150°C được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi sương mù.

Phương pháp sản xuất F: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + nhiệt độ nằm trong khoảng từ 0°C đến 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến 150°C của nhiệt độ đường pha lỏng được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 12 đến $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi sương mù.

Phương pháp sản xuất G: Nhiệt độ dung dịch phủ được đặt đến nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ + 20°C . Sau đó, tấm nền cho lớp phủ được xử lý phủ nhúng nóng trong các điều kiện mà sau khi nhấc tấm nền cho lớp phủ ra khỏi dung dịch phủ nhúng nóng, tốc độ trung bình của bước làm nguội từ nhiệt độ đường pha lỏng (T_{melt}) của dung dịch phủ đến -20°C của nhiệt độ đường pha lỏng (đến T_{melt} khi T_{melt} nhỏ hơn hoặc bằng 390°C) được đặt đến lớn hơn hoặc bằng $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 30 đến $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi sương mù, và tốc độ trung bình của bước làm nguội từ 370°C hoặc lớn hơn được đặt đến nhỏ hơn $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (từ 0,1 đến $11,9^{\circ}\text{C}/\text{giây}$) bằng cách thổi khí hoặc làm nguội tự nhiên.

Đánh giá

- Các phương pháp đo khác nhau -

Mẫu được cắt ra khỏi mỗi tấm thép phủ tạo ra. Sau đó, các mục sau đây được đo theo phương pháp được mô tả ở trên.

- Tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha MgZn_2 (được viết là “Al + MgZn_2 ” trong các bảng)

- Tỷ lệ diện tích của pha Zn (được viết là “Zn” trong các bảng)

- Tỷ lệ diện tích của cấu trúc khác với pha Al, pha $MgZn_2$, và pha Zn (được viết là “khác” trong các bảng)

- Giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al (được viết là “chiều dài chu vi pha Al” trong các bảng)

- Tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ (được viết là “tần suất theo số lượng của pha Al” trong các bảng). Lưu ý rằng tổng số lần xuất hiện của pha Al được viết trong các bảng trên cơ sở $NG =$ lớn hơn 100, $G3 =$ nhỏ hơn 100, $G2 =$ nhỏ hơn 50, và $G1 =$ nhỏ hơn 10.

- Tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{surface}$)

- Tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium})

- Tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha $MgZn_2$ ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ($L_{boarder}$)

Khi $(L_{surface})/(L_{boarder})$ thỏa mãn công thức 6, nó được viết là “OK”, và khi $(L_{surface})/(L_{boarder})$ không thỏa mãn công thức 6, nó được viết là “NG”.

Tương tự, khi $(L_{medium})/(L_{boarder})$ thỏa mãn công thức 7, nó được viết là “OK”, và khi $(L_{medium})/(L_{boarder})$ không thỏa mãn công thức 7, nó được viết là “NG”.

Hơn nữa, khi thành phần hóa học của lớp phủ thỏa mãn công thức 5, nó được viết là “OK”, và khi thành phần hóa học không thỏa mãn công thức 7, nó được viết là “NG”.

Hình vuông có kích thước $20 \times 20mm$ được cắt ra khỏi mỗi tấm thép phủ tạo ra và thu được ảnh nhiễu xạ tia X từ bề mặt của lớp phủ. Các điều kiện đo bao gồm sử dụng nhiễu xạ kế tia X (RINT 1500) và máy đo góc rộng RINT 1000, sản xuất bởi Rigaku Corporation với đầu ra tia X ở 40kV và 150mA, tốc độ quét bằng $2^\circ/\text{phút}$, và bước bằng $0,01^\circ$, và phạm vi quét nằm trong khoảng từ 5° đến 90° . Khe tới bằng 1° , và khe nhận ánh sáng bằng 1° và 0,15mm. Tấm thép phủ được sử dụng để nhận dạng hợp chất liên kim loại Mg-Sn, trong đó cường độ đỉnh nhiễu xạ XRD được quan sát là lớn hơn hoặc bằng 1000cps ở $22,8^\circ$ hoặc mức chênh lệch cường độ bằng 500cps được xác

nhận so với nền, được xác định là “OK”. Trong tất cả các tấm thép phủ tạo ra, đều phát hiện được hợp chất liên kim loại Mg-Sn.

Từ việc quan sát ảnh điện tử tán xạ ngược SEM, xác nhận được rằng hợp chất liên kim loại Mg-Sn được chứa trong pha Zn trong tất cả các tấm thép phủ tạo ra.

- Xác định sự có mặt của các vảy kim loại -

Mỗi tấm thép phủ tạo ra được quan sát bằng mắt thường để xác định sự có mặt của các vảy kim loại.

Trong trường hợp trong đó tấm thép phủ được quan sát bằng mắt thường và các vảy kim loại được tạo ra ở tỷ lệ diện tích lớn hơn hoặc bằng 90% trong vùng có kích thước ít nhất $100\text{mm} \times 100\text{mm}$, cho rằng tấm thép phủ có các vảy kim loại, và kết quả được thể hiện là “OK” trong bảng.

Trong lúc đó, trong trường hợp trong đó, nhờ sự quan sát bằng mắt thường tấm thép phủ, ít nhất tỷ lệ diện tích của vùng có kích thước $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ là lớn hơn hoặc bằng 90%, tấm thép phủ có bề mặt gương kim loại, phản tương ứng với bề mặt gương kim loại (bề mặt có độ phản xạ gương cao và hơi không rõ ràng giống như bề mặt của gương và trong đó hình ảnh của vật thể trên tấm thép phủ được phản xạ trên bề mặt lớp phủ, hoặc lớp hoàn thiện bề mặt có độ phản xạ thấp (lớp hoàn thiện bề mặt có màu trắng hoặc màu xám kém trong đó độ phản xạ thấp và không có hình ảnh được phản xạ), hoặc phản tương ứng với vảy kim loại không được xác nhận bằng mắt thường, điều đó xác định rằng không có vảy kim loại, và nó được viết là “NG” trong các bảng.

- Tác dụng che giấu các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt (khảo sát lưới 10×10) -

Để xác định sự có mặt của các vảy kim loại, vùng được quan sát có kích thước $100\text{mm} \times 100\text{mm}$ được chia hành 100 lưới vuông có các kích thước $10\text{mm} \times 10\text{mm}$. Hơn nữa, trong trường hợp trong đó không có lớp phủ, bề mặt gương kim loại, phản tương ứng với bề mặt gương kim loại, phần có độ phản xạ thấp, nhỏ giọt do gạt các vết đốm, hoa văn không đồng đều, và tương tự được xác nhận bằng mắt thường ở một hoặc nhiều vị trí có kích thước lớn hơn hoặc bằng 1mm ngay cả khi các vảy kim loại được tạo ra bên trong mỗi lưới, trường hợp này được tính là 1. Dựa trên chỉ số này, số đếm

lớn hơn hoặc bằng 5 được đánh giá là “B”, số đếm nằm trong khoảng từ 5 đến 3 được đánh giá là “G3”, số đếm bằng 3 hoặc 2 được đánh giá là “G2”, và số đếm bằng 1 hoặc 0 được đánh giá là “G1”.

- Khảo sát lớp hoàn thiện bề mặt -

Mỗi tấm thép phủ tạo ra được cắt thành kích thước $100 \times 100\text{mm}$, và mỗi mẫu cắt được để yên trong môi trường trong 72 giờ, độ ẩm tương đối (relative humidity, RH) 95%, và 40°C . Không gian màu (hệ màu $L^*a^*b^*$) của CIELAB (theo JIS Z 8729) trước và sau thử nghiệm được đo. Sau đó, việc đánh giá được thực hiện theo các tiêu chuẩn sau đây.

Để làm thiết bị đo, máy đo màu phổ quang kế sản xuất bởi Konica Minolta, Inc. (CM 2500d, đường kính đo; 8 ϕ , nguồn ánh sáng; $10^\circ/\text{D65}$ theo phương thức SCI) được sử dụng.

A++: ΔE^* nhỏ hơn 2.

A+: ΔE^* lớn hơn hoặc bằng 2 và nhỏ hơn hoặc bằng 3.

A: ΔE^* lớn hơn 3 và nhỏ hơn hoặc bằng 5.

B: ΔE^* lớn hơn 5.

- Khảo sát cân bằng khả năng chống ăn mòn -

Mỗi tấm thép phủ tạo ra được cắt thành kích thước $3,2\text{mm} \times 100 \times 50\text{mm}$, và mỗi mẫu cắt được tham gia 30 chu kỳ thử nghiệm JASO theo thử nghiệm chu kỳ phun nước muối trung tính (JIS H 8502). Trong số phần bề mặt đầu cắt và bốn bề mặt đầu của mẫu, bề mặt trên và bề mặt dưới được phủ chống thấm, và bề mặt bên được đánh bóng cho tới khi bước đánh bóng gương được hoàn thành. Bề mặt thẳng đứng của phần bề mặt đầu cắt được phân tích hình ảnh để đo tỷ lệ phần trăm diện tích hình thành gỉ đỏ trong chiều rộng $3,2 \times 100\text{mm}$ (phần bề mặt đầu cắt có 300 mắt lưới, và sự xuất hiện của gỉ đỏ được quan sát bằng mắt thường). Hơn nữa, khoảng cách lớn nhất của được gỉ trắng tạo ra từ phần bề mặt đầu cắt dưới dạng bề mặt để đánh giá lớp phủ được đo. Sau đó, việc đánh giá được thực hiện theo các tiêu chuẩn sau đây.

A++: Diện tích hình thành gỉ đỏ nhỏ hơn 15%

A++: Khoảng cách lớn nhất của gỉ trắng tạo ra nhỏ hơn 1mm

A+: Diện tích hình thành gỉ đỏ nhỏ hơn 25%

A+: Khoảng cách lớn nhất của gỉ trắng tạo ra nhỏ hơn 2mm

A: Diện tích hình thành gỉ đỏ nhỏ hơn 35%

A: Khoảng cách lớn nhất của gỉ trắng tạo ra nhỏ hơn 3mm

B: Diện tích hình thành gỉ đỏ lớn hơn hoặc bằng 35%

B: Khoảng cách lớn nhất của gỉ trắng tạo ra lớn hơn hoặc bằng 3mm

Trong quá trình đánh giá dựa trên các tiêu chuẩn nêu trên, hoặc diện tích hình thành gỉ đỏ hoặc khoảng cách lớn nhất của gỉ trắng tạo ra, cái nào kém hơn, được chấp nhận.

Bảng 1-1

Số	Phân loại	T _{melt}	Phương pháp sản xuất				Nhóm Sn			Ca				
		(°C)		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si
1	<u>Ví dụ so sánh</u>	385	B	91,4	5	3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
2	<u>Ví dụ so sánh</u>	385	B	90,9	5	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
3	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	B	90,4	6	3	0,5	0	0	0	0	0	0	0
4	Ví dụ	380	B	90,15	6	3,5	0,05	0	0	0	0	0	0	0
5	Ví dụ	380	B	89,82	6	3,5	0,08	0	0	0	0	0	0	0
6	Ví dụ	380	B	90	6	3,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0
7	Ví dụ	380	B	90,17	6	3,5	0,13	0	0	0	0	0	0	0,1
8	Ví dụ	380	B	90,15	6	3,5	0,15	0	0	0	0	0	0	0,1
9	Ví dụ	380	B	90,1	6	3,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0,1
10	Ví dụ	380	B	90	6	3,5	0,35	0	0	0	0	0	0	0,05
11	Ví dụ	380	B	89,95	6	3,5	0,4	0	0	0	0	0	0	0,05
12	Ví dụ	380	B	89,9	6	3,5	0,45	0	0	0	0	0	0	0,05
13	Ví dụ	380	A	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
14	Ví dụ	380	B	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
15	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	C	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
16	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	D	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
17	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	E	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
18	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	F	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
19	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	G	89,9	6	3,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0
20	<u>Ví dụ so sánh</u>	380	B	89,4	6	4	0,5	0	0	0	0	0	0	0
21	Ví dụ	390	C	87,4	8	4	0,5	0	0	0	0	0	0	0
22	<u>Ví dụ so sánh</u>	420	B	86,3	8	5	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0
23	Ví dụ	410	B	84,9	10	4	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1
24	Ví dụ	420	B	83,9	10	5	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1
25	<u>Ví dụ so sánh</u>	440	B	82,9	10	6	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1
26	<u>Ví dụ so sánh</u>	420	B	82	12	4	1	0	0	0,3	0	0	0	0,3
27	Ví dụ	430	B	80	12	6	1	0	0	0,3	0	0	0	0,3
28	<u>Ví dụ so sánh</u>	450	B	78	12	8	1	0	0	0,3	0	0	0	0,3
29	Ví dụ so	440	B	79,6	14	4	1	0	0	0,5	0	0	0	0,5

	<u>sánh</u>													
30	Ví dụ	450	B	77,6	14	6	1	0	0	0,5	0	0	0	0,5
31	Ví dụ	450	B	78,3	14	6	0,8	0	0	0,2	0	0	0	0,3
32	Ví dụ	450	B	78,5	14	6	0,6	0	0	0,2	0	0	0	0,3
33	Ví dụ	450	B	78,7	14	6	0,4	0	0	0,2	0	0	0	0,3
34	<u>Ví dụ so sánh</u>	470	B	75,6	14	8	1	0	0	0,5	0	0	0	0,5
35	<u>Ví dụ so sánh</u>	440	B	77,7	16	4	1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
36	Ví dụ	460	B	74,7	16	7	1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
37	<u>Ví dụ so sánh</u>	480	B	71,7	16	10	1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
38	Ví dụ	470	B	77,33	17	5,5	0,01	0	0	0,01	0	0	0	0,05
39	Ví dụ	470	B	77,28	17	5,5	0,01	0	0	0,03	0,01	0,01	0,01	0,05
40	Ví dụ	470	B	77,29	17	5,5	0,03	0	0	0,03	0	0	0	0,05
41	Ví dụ	470	B	77,24	17	5,5	0,03	0	0	0,05	0,01	0,01	0,01	0,05
42	Ví dụ	470	B	77,25	17	5,5	0,05	0	0	0,05	0	0	0	0,05
43	Ví dụ	470	B	77,23	17	5,5	0,05	0	0	0,07	0	0	0	0,05
44	Ví dụ	470	B	77,17	17	5,5	0,05	0	0	0,13	0	0	0	0,05
45	Ví dụ	470	B	77,1	17	5,5	0,05	0	0	0,2	0	0	0	0,05
46	Ví dụ	470	B	77	17	5,5	0,05	0	0	0,3	0	0	0	0,05
47	Ví dụ	470	B	76,85	17	5,5	0,05	0	0	0,45	0	0	0	0,05
48	Ví dụ	470	B	76,8	17	5,5	0,05	0	0	0,5	0	0	0	0,05
49	Ví dụ	460	B	75,65	18	6	0,15	0	0	0,05	0	0	0	0,05
50	Ví dụ	460	B	75,63	18	6	0,15	0	0	0,07	0	0	0	0,05
51	<u>Ví dụ so sánh</u>	460	B1	75,63	18	6	0,15	0	0	0,07	0	0	0	0,05
52	<u>Ví dụ so sánh</u>	460	B2	75,63	18	6	0,15	0	0	0,07	0	0	0	0,05
53	Ví dụ	460	B	75,57	18	6	0,15	0	0	0,13	0	0	0	0,05
54	Ví dụ	460	B	75,5	18	6	0,15	0	0	0,2	0	0	0	0,05
55	Ví dụ	460	B	75,4	18	6	0,15	0	0	0,3	0	0	0	0,05
56	Ví dụ	460	B	75,25	18	6	0,15	0	0	0,45	0	0	0	0,05
57	Ví dụ	460	B	75,2	18	6	0,15	0	0	0,5	0	0	0	0,05
58	Ví dụ	450	B	72,2	19	6	1,5	0	0	0,5	0	0	0	0,2
59	Ví dụ	450	B	73,4	19	6	0,7	0	0	0,2	0	0	0	0,1
60	Ví dụ	450	B	73,6	19	6	0,5	0	0	0,2	0	0	0	0,1
61	Ví dụ	450	B	73,8	19	6	0,3	0	0	0,2	0	0	0	0,1
62	Ví dụ	450	B	73,9	19	6	0,2	0	0	0,2	0	0	0	0,1
63	Ví dụ	450	B	74	19	6	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0,1
64	Ví dụ	450	B	74,05	19	6	0,05	0	0	0,2	0	0	0	0,1
65	Ví dụ	460	B	69,2	19	9	1,5	0	0	0,5	0	0	0	0,2
66	Ví dụ	470	B	73,05	20	6,5	0,2	0	0	0,05	0	0	0	0,1
67	Ví dụ	470	B	73,03	20	6,5	0,2	0	0	0,07	0	0	0	0,1
68	Ví dụ	470	B	72,95	20	6,5	0,2	0	0	0,13	0	0,01	0,01	0,1

69	Ví dụ	470	B	72,88	20	6,5	0,2	0	0	0,2	0	0,01	0,01	0,1
70	Ví dụ	470	B	72,78	20	6,5	0,2	0	0	0,3	0	0,01	0,01	0,1
71	Ví dụ	471	B	72,9	20	6,5	0,2	0	0	0,3	0	0	0	0

Bảng 1-2

Số	Phân loại	Nhóm Cr								Fe	Nhóm Sr				Tổng của nhóm Cr	Tổng của nhóm Sr	XRD Mg ₂ S _n
		Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn		Sr	Sb	Pb	B			
1	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
2	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
3	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
4	Ví dụ	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0,1	OK
5	Ví dụ	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,4	0	0	0,4	OK
6	Ví dụ	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,2	0	0	0,2	OK
7	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
8	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
9	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
10	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
11	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
12	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
13	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
14	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
15	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
16	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
17	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
18	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
19	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
20	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
21	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
22	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
23	Ví dụ	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0,1	0,2	OK
24	Ví dụ	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0,1	0,2	OK
25	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,2	0	0	0	0,1	0,2	OK
26	<u>Ví dụ so</u>	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0	0	0,1	0,2	OK

	sánh																
27	Ví dụ	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0	0	0,1	0,2	OK
28	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,2	0	0	0,1	0,2	OK
29	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
30	Ví dụ	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
31	Ví dụ	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
32	Ví dụ	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
33	Ví dụ	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
34	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,2	0,1	0,2	OK
35	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,4	0	0	0,1	0,4	OK
36	Ví dụ	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,4	0	0	0,1	0,4	OK
37	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	0,4	0	0	0,1	0,4	OK
38	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
39	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
40	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
41	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
42	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
43	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
44	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
45	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
46	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
47	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
48	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
49	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
50	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
51	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
52	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
53	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
54	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
55	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
56	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
57	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
58	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
59	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
60	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
61	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
62	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
63	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK

64	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
65	Ví dụ	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
66	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
67	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
68	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
69	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
70	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
71	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK

Bảng 1-3

Số	Phân loại	Xác định các công thức từ 1 đến 5							Tỷ lệ diện tích %			Chiều dài chu vi pha Al	Tần suất theo số lượng của pha Al
		Sn (Bi+In)	Ca (Y+La +Ce)	-0,25+Cr+Ti +Ni+Co+V +Nb+Cu+Mn	-0,5+Sr +Sb+Pb +B	Giới hạn dưới của công thức 5	Giới hạn trên của công thức 5	Xác định công thức 5	Al+ MgZn ₂	Zn	Nguyên tố khác	(mm /mm ²)	(Số lượng)
1	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	2,9993	3,0013	OK	65	35	0	60	NG
2	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	2,9993	3,0013	NG	65	35	0	100	NG
3	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	NG	65	35	0	140	NG
4	Ví dụ	0,05	0	-0,25	-0,4	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
5	Ví dụ	0,08	0	-0,25	-0,1	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	85	G1
6	Ví dụ	0,1	0	-0,25	-0,3	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
7	Ví dụ	0,13	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
8	Ví dụ	0,15	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
9	Ví dụ	0,2	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
10	Ví dụ	0,35	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
11	Ví dụ	0,4	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
12	Ví dụ	0,45	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
13	Ví dụ	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
14	Ví dụ	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	70	30	0	80	G1
15	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	65	35	0	85	G3
16	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	65	35	0	85	G2
17	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	65	35	0	85	NG
18	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	65	35	0	30	NG
19	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	OK	65	35	0	40	NG

20	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0	-0,25	-0,5	3,1331	3,5831	NG	80	20	0	90	NG
21	Ví dụ	0,5	0	-0,25	-0,5	3,4211	4,7095	OK	70	30	0	30	G2
22	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0,1	-0,25	-0,5	3,4211	4,7095	NG	75	25	0	110	NG
23	Ví dụ	0,5	0,1	-0,15	-0,3	3,7363	5,7863	OK	75	25	0	40	G2
24	Ví dụ	0,5	0,1	-0,15	-0,3	3,7363	5,7863	OK	80	20	0	40	G2
25	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,5	0,1	-0,15	-0,3	3,7363	5,7863	NG	85	15	0	110	NG
26	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,3	-0,15	-0,3	4,0787	6,8135	NG	80	20	0	120	NG
27	Ví dụ	1	0,3	-0,15	-0,3	4,0787	6,8135	OK	85	15	0	50	G1
28	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,3	-0,15	-0,3	4,0787	6,8135	NG	90	10	0	100	NG
29	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,5	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	NG	80	20	0	110	NG
30	Ví dụ	1	0,5	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	OK	85	15	0	30	G2
31	Ví dụ	0,8	0,2	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	OK	85	15	0	30	G2
32	Ví dụ	0,6	0,2	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	OK	85	15	0	30	G2
33	Ví dụ	0,4	0,2	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	OK	85	15	0	30	G2
34	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,5	-0,15	-0,3	4,4483	7,7911	NG	90	10	0	100	NG
35	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,5	-0,15	-0,1	4,8451	8,7191	NG	85	15	0	100	NG
36	Ví dụ	1	0,5	-0,15	-0,1	4,8451	8,7191	OK	90	10	0	40	G1
37	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,5	-0,15	-0,1	4,8451	8,7191	NG	95	5	0	110	NG
38	Ví dụ	0,01	0,01	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
39	Ví dụ	0,01	0	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
40	Ví dụ	0,03	0,03	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
41	Ví dụ	0,03	0,02	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
42	Ví dụ	0,05	0,05	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
43	Ví dụ	0,05	0,07	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
44	Ví dụ	0,05	0,13	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
45	Ví dụ	0,05	0,2	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
46	Ví dụ	0,05	0,3	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
47	Ví dụ	0,05	0,45	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
48	Ví dụ	0,05	0,5	-0,25	-0,5	5,0537	9,1645	OK	90	10	0	40	G1
49	Ví dụ	0,15	0,05	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
50	Ví dụ	0,15	0,07	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
51	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,15	0,07	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	80	20	0	50	NG
52	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,15	0,07	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	65	35	0	90	G1
53	Ví dụ	0,15	0,13	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
54	Ví dụ	0,15	0,2	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1

55	Ví dụ	0,15	0,3	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
56	Ví dụ	0,15	0,45	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
57	Ví dụ	0,15	0,5	-0,25	-0,5	5,2691	9,5975	OK	90	10	0	40	G1
58	Ví dụ	1,5	0,5	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
59	Ví dụ	0,7	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
60	Ví dụ	0,5	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
61	Ví dụ	0,3	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
62	Ví dụ	0,2	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
63	Ví dụ	0,1	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
64	Ví dụ	0,05	0,2	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	85	10	5	40	G1
65	Ví dụ	1,5	0,5	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	OK	90	5	5	20	G1
66	Ví dụ	0,2	0,05	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
67	Ví dụ	0,2	0,07	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
68	Ví dụ	0,2	0,11	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
69	Ví dụ	0,2	0,18	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
70	Ví dụ	0,2	0,28	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
71	Ví dụ	0,2	0,3	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1

Bảng 1-4

Số	Phân loại	Công thức 6		Công thức 7		Mg ≥5,0	Công thức 8	Công thức 9	Các công thức 10 và 11	Sự có mặt của các vảy kim loại	Khảo sát lưới 100 × 100	Khảo sát lớp hoàn thiện bề mặt	Cân bằng khả năng chống ăn mòn
		$L_{\text{surface}}/L_{\text{board}}$	Xác định	$L_{\text{medium}}/L_{\text{board}}$	Xác định		$0,01 \leq \text{Sn} < 0,25$	$0,05 < \text{Ca} < 0,5$	$\text{Sn} + 0,02 \leq \text{Ca}$ hoặc $\text{Sn} < \text{Ca}$				
1	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,2	OK	1,15	NG	NG	NG	NG	NG	OK	B	A++	B
2	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,87	NG	1,15	NG	NG	NG	NG	NG	OK	B	A++	B
3	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,2	OK	1,06	NG	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
4	Ví dụ	1,05	OK	1,03	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
5	Ví dụ	1,05	OK	1,02	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
6	Ví dụ	1,05	OK	1,03	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
7	Ví dụ	1,04	OK	1,02	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
8	Ví dụ	1,05	OK	1,01	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
9	Ví dụ	1,06	OK	1,04	OK	NG	OK	NG	NG	OK	G1	A++	B
10	Ví dụ	1,06	OK	1,03	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G1	A++	B
11	Ví dụ	1,05	OK	1,04	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G1	A++	B
12	Ví dụ	1,05	OK	1,03	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G1	A++	B
13	Ví dụ	1,05	OK	1,03	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G1	A++	B
14	Ví dụ	1,03	OK	1,01	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G1	A++	B
15	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,15	OK	1,14	NG	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
16	<u>Ví dụ so</u>	0,88	NG	0,87	OK	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B

	sánh												
17	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,76	NG	0,81	OK	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
18	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,9	OK	0,85	OK	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
19	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,59	NG	0,88	OK	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
20	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,48	NG	0,77	OK	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
21	Ví dụ	0,88	NG	0,95	OK	NG	NG	NG	NG	OK	G3	A++	B
22	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,8	NG	1,18	NG	OK	NG	OK	NG	NG	B	B	B
23	Ví dụ	1,08	OK	1,05	OK	NG	NG	OK	NG	OK	G2	A++	B
24	Ví dụ	1,07	OK	1,05	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G2	B	B
25	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,68	NG	0,88	OK	NG	NG	OK	NG	OK	B	B	B
26	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,67	NG	0,9	OK	NG	NG	OK	NG	NG	B	A++	B
27	Ví dụ	0,99	OK	1,05	OK	NG	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
28	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,85	NG	0,77	OK	NG	NG	OK	NG	NG	B	B	B
29	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,36	OK	1,25	NG	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	B
30	Ví dụ	1,08	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
31	Ví dụ	1,07	OK	1,02	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G2	B	B
32	Ví dụ	1,05	OK	1,01	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G2	B	B
33	Ví dụ	1,04	OK	1,05	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G2	B	B
34	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,23	OK	1,12	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
35	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,31	OK	1,17	NG	NG	NG	NG	NG	NG	B	A++	A++
36	Ví dụ	1	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
37	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,12	OK	1,35	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
38	Ví dụ	1,02	OK	0,99	OK	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B
39	Ví dụ	1,02	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
40	Ví dụ	1,03	OK	1,03	OK	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B
41	Ví dụ	1,04	OK	1,01	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
42	Ví dụ	1	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B
43	Ví dụ	1,01	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A	A
44	Ví dụ	1	OK	1,01	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
45	Ví dụ	1,02	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
46	Ví dụ	1,03	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
47	Ví dụ	1,02	OK	1	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
48	Ví dụ	1,02	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
49	Ví dụ	1,03	OK	1,03	OK	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B

50	Ví dụ	1,03	OK	1,02	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A	A
51	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,88	NG	1,13	NG	OK	OK	OK	NG	NG	B	B	B
52	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,88	NG	1,13	NG	OK	OK	OK	NG	NG	B	B	B
53	Ví dụ	1,01	OK	1,01	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A+	A+
54	Ví dụ	1,02	OK	1,02	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
55	Ví dụ	1,02	OK	1,01	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
56	Ví dụ	1,01	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	A	A
57	Ví dụ	1,01	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
58	Ví dụ	0,98	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
59	Ví dụ	1,01	OK	1,01	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
60	Ví dụ	1	OK	1,01	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
61	Ví dụ	1,02	OK	1,01	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
62	Ví dụ	1	OK	1,01	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A++	A++
63	Ví dụ	1,01	OK	1,02	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
64	Ví dụ	1,03	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
65	Ví dụ	0,97	OK	1,01	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
66	Ví dụ	1,02	OK	0,99	OK	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B
67	Ví dụ	1,04	OK	1	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A	A
68	Ví dụ	1,05	OK	1,01	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A	A
69	Ví dụ	1,06	OK	1,02	OK	OK	OK	OK	NG	OK	G1	A	A
70	Ví dụ	1,02	OK	1,05	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
71	Ví dụ	2,02	OK	2,05	NG	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A+	A+

Bảng 2-1

Số	Phân loại	T _{melt}	Phương pháp sản xuất	Nhóm Sn						Nhóm Ca				
		(°C)		Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si
72	Ví dụ	470	B	72,65	20	6,5	0,2	0	0	0,45	0	0	0	0,1
73	Ví dụ	470	B	72,6	20	6,5	0,2	0	0	0,5	0	0	0	0,1
74	Ví dụ	471	B	73,1	20	6,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0,1
75	Ví dụ	470	B	71,6	21	7	0,25	0	0	0,05	0	0	0	0
76	Ví dụ	470	B	71,58	21	7	0,25	0	0	0,07	0	0	0	0
77	Ví dụ	470	B	71,52	21	7	0,25	0	0	0,13	0	0	0	0
78	Ví dụ	470	B	71,45	21	7	0,25	0	0	0,2	0	0	0	0
79	Ví dụ	470	B	71,35	21	7	0,25	0	0	0,3	0	0	0	0
80	Ví dụ	470	B	71,2	21	7	0,25	0	0	0,45	0	0	0	0
81	Ví dụ	470	B	71,15	21	7	0,25	0	0	0,5	0	0	0	0
82	Ví dụ so sánh	480	B	66,2	19	12	1,5	0	0	0,5	0	0	0	0,2
83	Ví dụ so sánh	460	B	69,1	22	6	2	0	0	0,5	0	0	0	0,2
84	Ví dụ	490	B	66,1	22	9	2	0	0	0,5	0	0	0	0,2

85	Ví dụ	490	B	67,3	22	9	1	0	0	0,3	0	0	0	0,2
86	Ví dụ	490	B	67,9	22	9	0,5	0	0	0,2	0	0	0	0,2
87	Ví dụ	490	B	68,1	22	9	0,3	0	0	0,2	0	0	0	0,2
88	Ví dụ	490	B	68,3	22	9	0,1	0	0	0,2	0	0	0	0,2
89	Ví dụ	490	B	68,35	22	9	0,05	0	0	0,2	0	0	0	0,2
90	Ví dụ	490	B	67,85	22	9	0,25	0	0	0,5	0	0	0	0,2
91	Ví dụ	490	B	68	22	9	0,1	0	0	0,5	0	0	0	0,2
92	Ví dụ	490	B	68,05	22	9	0,05	0	0	0,5	0	0	0	0,2
93	Ví dụ so sánh	510	B	63,1	22	12	2	0	0	0,5	0	0	0	0,2
94	Ví dụ	470	B	64	25	7	2	0	0	1	0	0	0	0,4
95	Ví dụ	500	B	61	25	10	2	0	0	1	0	0	0	0,4
96	Ví dụ so sánh	510	B	58	25	13	2	0	0	1	0	0	0	0,4
97	Ví dụ so sánh	500	B	60,3	28	7	2	0	0	1,5	0	0	0	1
98	Ví dụ	500	B	57,3	28	10	2	0	0	1,5	0	0	0	1
99	Ví dụ	500	B	54,3	28	13	2	0	0	1,5	0	0	0	1
100	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	53,9	28	13	2	0	0	1,5	0	0	0	1
101	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	53,8	28	13	2	0	0	1,5	0	0	0	1
102	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	53,8	28	13	2	0	0	1,5	0	0	0	1
103	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	55,2	31	8	2	0	0	2	0	0	0	1,5
104	Ví dụ	490	B	52,2	31	11	2	0	0	2	0	0	0	1,5
105	Ví dụ	500	B	49,2	31	14	2	0	0	2	0	0	0	1,5
106	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	49,1	31	14	2	0	0	2	0	0	0	1,5
107	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	50	34	9	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
108	Ví dụ	500	A	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
109	Ví dụ	500	B	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
110	Ví dụ	500	C	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
111	Ví dụ	500	D	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
112	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	E	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
113	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	F	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
114	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	G	47	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4
115	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	46,9	34	12	2	0	0	2,5	0	0	0	2,5
116	<u>Ví dụ so sánh</u>	520	B	44	34	15	2	0	0	2,5	0	0	0	2,4

117	<u>Ví dụ so sánh</u>	510	B	51,4	35	9	2	0	0	2,5	0	0	0	0
118	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	48,4	35	12	2	0	0	2,5	0	0	0	0
119	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	48,4	35	12	2	0	0	2,5	0	0	0	0
120	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	45,4	35	15	2	0	0	2,5	0	0	0	0
121	Ví dụ	430	D	79,8	12	5	3	0	0	0,1	0	0	0	0
122	<u>Ví dụ so sánh</u>	420	B	77,8	12	5	5	0	0	0,1	0	0	0	0
123	Ví dụ	430	B	80,3	12	5	2	0,5	0	0,1	0	0	0	0
124	<u>Ví dụ so sánh</u>	430	B	79,8	12	5	2	1	0	0,1	0	0	0	0
125	Ví dụ	430	B	80,1	12	5	2	0	0,3	0,5	0	0	0	0
126	<u>Ví dụ so sánh</u>	430	B	79,9	12	5	2	0	0,5	0,5	0	0	0	0
127	<u>Ví dụ so sánh</u>	430	B	80,3	12	5	1	0,8	0,3	0,5	0	0	0	0
128	Ví dụ	490	C	65,4	22	9	3	0	0	0,5	0	0	0	0
129	Ví dụ	490	C	64,4	22	9	4	0	0	0,5	0	0	0	0
130	Ví dụ	480	B	63,6	22	9	4,8	0	0	0,5	0	0	0	0
131	Ví dụ	470	B	64,6	25	7	2	0	0	1	0,3	0	0	0
132	<u>Ví dụ so sánh</u>	470	B	64,4	25	7	2	0	0	1	0,5	0	0	0
133	Ví dụ	470	B	64,6	25	7	2	0	0	1	0	0,3	0	0
134	<u>Ví dụ so sánh</u>	470	B	64,4	25	7	2	0	0	1	0	0,5	0	0
135	Ví dụ	470	B	64,6	25	7	2	0	0	1	0	0	0,3	0
136	<u>Ví dụ so sánh</u>	470	B	64,4	25	7	2	0	0	1	0	0	0,5	0
137	Ví dụ	470	B	64	25	7	2	0	0	1	0,3	0,3	0,3	0
138	<u>Ví dụ so sánh</u>	470	B	63,9	25	7	2	0	0	1	0,4	0,3	0,3	0
139	Ví dụ	500	B	57,4	28	10	2	0	0	1,5	0	0	0	1
140	Ví dụ	500	B	57,4	28	10	2	0	0	1,5	0	0	0	1
141	Ví dụ	500	B	57,4	28	10	2	0	0	1,5	0	0	0	1
142	Ví dụ	490	B	45	34	12	4	0	0	2,5	0	0	0	2,4
143	<u>Ví dụ so sánh</u>	480	B	44	34	12	5	0	0	2,5	0	0	0	2,4
144	<u>Ví dụ so sánh</u>	500	B	44,5	34	12	4	0	0	3	0	0	0	2,4

Bảng 2-2

Số	Phân loại	Nhóm Cr								Fe	Nhóm Sr				Tổng của nhóm Cr	Tổng của nhóm Sr	XRD Mg ₂ Sn
		Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn		Sr	Sb	Pb	B			
72	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
73	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
74	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
75	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
76	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
77	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
78	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
79	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
80	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
81	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
82	Ví dụ so sánh	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0,4	0,1	0,4	OK
83	Ví dụ so sánh	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
84	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
85	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
86	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
87	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
88	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
89	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
90	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
91	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
92	Ví dụ	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
93	Ví dụ so sánh	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
94	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,4	0	0	0	0,1	0,4	OK
95	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,4	0	0	0	0,1	0,4	OK
96	Ví dụ so sánh	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0,4	0	0	0	0,1	0,4	OK
97	Ví dụ so sánh	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
98	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
99	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0,1	0	OK
100	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,5	0	0	0	0	0,5	OK
101	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0,2	0	0	0	0,6	OK
102	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,4	0	0	0,2	0	0,6	OK
103	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2	0	OK

104	Ví dụ	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2	0	OK
105	Ví dụ	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,2	0	OK
106	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,1	0	0,2	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0,3	0	OK
107	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
108	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
109	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
110	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
111	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
112	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
113	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
114	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
115	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
116	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
117	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
118	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
119	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
120	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
121	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
122	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
123	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
124	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
125	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
126	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
127	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
128	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
129	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
130	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
131	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
132	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
133	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
134	<u>Ví dụ so</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK

	<u>sánh</u>																
135	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
136	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
137	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
138	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
139	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
140	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
141	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
142	Ví dụ	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
143	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK
144	<u>Ví dụ so sánh</u>	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	OK

Bảng 2-3

Số	Phân loại	Xác định các công thức từ 1 đến 5							Tỷ lệ diện tích %			Chiều dài chu vi pha Al	Tần suất theo số lượng của pha Al
		Sn -(Bi+In)	Ca -(Y+La+Ce)	-0,25+Cr+ Ti+Ni+ Co+V+Nb +Cu+Mn	- 0,5+Sr +Sb+P b+B	Giới hạn dưới của công thức 5	Giới hạn trên của công thức 5	Xác định công thức 5	Al+ MgZn ₂	Zn	Nguyên tố khác	(mm /mm ²)	(số lượng)
72	Ví dụ	0,2	0,45	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
73	Ví dụ	0,2	0,5	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
74	Ví dụ	0,2	0	-0,25	-0,5	5,7203	10,4263	OK	90	5	5	30	G1
75	Ví dụ	0,25	0,05	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
76	Ví dụ	0,25	0,07	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
77	Ví dụ	0,25	0,13	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
78	Ví dụ	0,25	0,2	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
79	Ví dụ	0,25	0,3	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
80	Ví dụ	0,25	0,45	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
81	Ví dụ	0,25	0,5	-0,25	-0,5	5,9561	10,8221	OK	90	5	5	35	G1
82	Ví dụ so sánh	1,5	0,5	-0,15	-0,1	5,4913	10,0181	NG	95	0	5	90	NG
83	Ví dụ so sánh	2	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	NG	85	15	0	140	NG
84	Ví dụ	2	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
85	Ví dụ	1	0,3	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
86	Ví dụ	0,5	0,2	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
87	Ví dụ	0,3	0,2	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
88	Ví dụ	0,1	0,2	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
89	Ví dụ	0,05	0,2	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
90	Ví dụ	0,25	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
91	Ví dụ	0,1	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
92	Ví dụ	0,05	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	50	G1
93	Ví dụ so sánh	2	0,5	-0,15	-0,5	6,1987	11,2055	NG	95	5	0	120	NG
94	Ví dụ	2	1	-0,15	-0,1	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	85	G1
95	Ví dụ	2	1	-0,15	-0,1	6,9673	12,2813	OK	90	10	0	75	G1
96	Ví dụ so sánh	2	1	-0,15	-0,1	6,9673	12,2813	NG	95	5	0	110	NG
97	Ví dụ so sánh	2	1,5	-0,15	-0,5	7,7971	13,2455	NG	90	10	0	120	NG
98	Ví dụ	2	1,5	-0,15	-0,5	7,7971	13,2455	OK	95	5	0	80	G2
99	Ví dụ	2	1,5	-0,15	-0,5	7,7971	13,2455	OK	100	0	0	85	G2
100	Ví dụ so sánh	2	1,5	-0,25	0	7,7971	13,2455	OK	90	10	0	110	NG
101	Ví dụ so sánh	2	1,5	-0,25	0,1	7,7971	13,2455	OK	95	5	0	115	NG
102	Ví dụ so sánh	2	1,5	-0,25	0,1	7,7971	13,2455	OK	100	0	0	110	NG
103	Ví dụ so sánh	2	2	-0,05	-0,5	8,6881	14,0981	NG	90	10	0	155	NG

104	Ví dụ	2	2	-0,05	-0,5	8,6881	14,0981	OK	95	5	0	70	G1
105	Ví dụ	2	2	-0,05	-0,5	8,6881	14,0981	OK	100	0	0	80	G2
106	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2	0,05	-0,5	8,6881	14,0981	OK	100	0	0	100	NG
107	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	NG	85	10	5	150	NG
108	Ví dụ	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	85	G1
109	Ví dụ	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	85	G1
110	Ví dụ	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	85	G2
111	Ví dụ	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	85	G3
112	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	90	NG
113	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	35	NG
114	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	90	5	5	40	NG
115	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	95	0	5	85	G2
116	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	NG	95	0	5	110	NG
117	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,9713	15,0613	NG	100	0	0	120	NG
118	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,9713	15,0613	OK	100	0	0	130	NG
119	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,9713	15,0613	OK	100	0	0	130	NG
120	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	2,5	-0,25	-0,5	9,9713	15,0613	OK	100	0	0	85	NG
121	Ví dụ	3	0,1	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	80	20	0	55	G3
122	<u>Ví dụ so sánh</u>	5	0,1	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	75	20	5	100	NG
123	Ví dụ	1,5	0,1	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	80	20	0	65	G1
124	<u>Ví dụ so sánh</u>	1	0,1	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	75	20	5	95	NG
125	Ví dụ	1,7	0,5	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	80	20	0	55	G2
126	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,5	0,5	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	75	20	5	115	NG
127	<u>Ví dụ so sánh</u>	-0,1	0,5	-0,25	-0,5	4,0787	6,8135	OK	80	20	0	125	NG
128	Ví dụ	3	0,5	-0,25	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	60	G3
129	Ví dụ	4	0,5	-0,25	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	60	G3
130	Ví dụ	4,8	0,5	-0,25	-0,5	6,1987	11,2055	OK	90	10	0	65	G2
131	Ví dụ	2	0,7	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	80	G2
132	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	0,5	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	80	15	5	80	NG
133	Ví dụ	2	0,7	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	75	G2
134	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	0,5	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	85	NG
135	Ví dụ	2	0,7	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	80	G1
136	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	0,5	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	75	NG

137	Ví dụ	2	0,1	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	85	15	0	80	G1
138	<u>Ví dụ so sánh</u>	2	0	-0,25	-0,5	6,9673	12,2813	OK	80	15	5	120	NG
139	Ví dụ	2	1,5	-0,25	-0,5	7,7971	13,2455	OK	95	5	0	80	G1
140	Ví dụ	2	1,5	-0,25	-0,5	7,7971	13,2455	OK	95	5	0	80	G1
141	Ví dụ	2	1,5	-0,25	-0,5	7,7971	13,2455	OK	95	5	0	80	G1
142	Ví dụ	4	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	95	0	5	85	G1
143	<u>Ví dụ so sánh</u>	5	2,5	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	95	0	5	85	NG
144	<u>Ví dụ so sánh</u>	4	3	-0,25	-0,5	9,6403	14,8391	OK	95	0	5	85	NG

Bảng 2-4

Số	Phân loại	Công thức 6		Công thức 7		Mg $\geq 5,0$	Công thức 8	Công thức 9	Các công thức 10 và 11	Sự có mặt của vảy kim loại	Khảo sát lưới 100 $\times$ 100	Khảo sát lớp hoàn thiện bề mặt	Cân bằng khả năng chống ăn mòn
		$L_{\text{surface}}/L_{\text{board}}$	Xác định	$L_{\text{medium}}/L_{\text{board}}$	Xác định		$0,01 \leq \text{Sn} < 0,25$	$0,05 < \text{Ca} < 0,5$	$\text{Sn} + 0,02 \leq \text{Ca}$ hoặc $\text{Sn} < \text{Ca}$				
72	Ví dụ	1,04	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A	A
73	Ví dụ	1,04	OK	1,02	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
74	Ví dụ	2,04	OK	2,02	NG	OK	OK	NG	NG	OK	G1	B	B
75	Ví dụ	1	OK	1	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
76	Ví dụ	1,03	OK	1,02	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
77	Ví dụ	0,99	OK	1	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
78	Ví dụ	0,98	OK	0,99	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
79	Ví dụ	1	OK	1,03	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
80	Ví dụ	1,02	OK	1,03	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
81	Ví dụ	1,03	OK	1,04	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
82	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,99	OK	1,18	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
83	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,22	OK	1,13	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
84	Ví dụ	1,03	OK	1,05	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
85	Ví dụ	1,05	OK	1,09	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
86	Ví dụ	1,02	OK	1,07	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
87	Ví dụ	1,03	OK	1,02	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
88	Ví dụ	1,04	OK	1,05	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
89	Ví dụ	1,06	OK	1,03	OK	OK	OK	OK	OK	OK	G1	A++	A++
90	Ví dụ	1,03	OK	1,05	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
91	Ví dụ	1,03	OK	1,05	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
92	Ví dụ	1,03	OK	1,05	OK	OK	OK	NG	OK	OK	G1	B	B
93	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,21	OK	1,11	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
94	Ví dụ	1,02	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
95	Ví dụ	0,95	OK	0,98	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
96	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,21	OK	1,13	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
97	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,13	OK	1,15	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B

98	Ví dụ	1,03	OK	1,08	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
99	Ví dụ	1,09	OK	1,05	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
100	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,22	OK	1,23	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
101	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,88	NG	1,42	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
102	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,18	OK	0,77	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
103	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,25	OK	1,36	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
104	Ví dụ	1,02	OK	1,03	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
105	Ví dụ	1,09	OK	1,07	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
106	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,87	NG	1,23	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
107	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,15	OK	1,23	NG	OK	NG	NG	NG	OK	B	B	B
108	Ví dụ	1,03	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
109	Ví dụ	1	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
110	Ví dụ	1,09	OK	1,11	NG	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
111	Ví dụ	0,88	NG	0,91	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G3	B	B
112	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,75	NG	0,66	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
113	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,9	OK	0,88	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
114	<u>Ví dụ so sánh</u>	0,75	NG	1,12	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
115	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,03	OK	1,08	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
116	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,23	OK	1,35	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
117	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,11	OK	1,45	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
118	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,18	OK	1,15	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
119	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,35	OK	1,15	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
120	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,13	OK	1,11	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
121	Ví dụ	1,23	OK	1,19	NG	OK	NG	OK	NG	OK	G3	B	B
122	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,18	OK	1,12	NG	OK	NG	OK	NG	NG	B	B	B
123	Ví dụ	0,98	OK	1,04	OK	OK	NG	OK	NG	OK	G1	B	B
124	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,25	OK	0,75	OK	OK	NG	OK	NG	NG	B	B	B
125	Ví dụ	0,91	OK	0,94	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
126	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,31	OK	0,88	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
127	<u>Ví dụ so sánh</u>	1,21	OK	1,1	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
128	Ví dụ	1,26	OK	1,22	NG	OK	NG	NG	NG	OK	G3	B	B
129	Ví dụ	1,3	OK	1,35	NG	OK	NG	NG	NG	OK	G3	B	B

130	Ví dụ	0,92	OK	0,95	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
131	Ví dụ	0,93	OK	0,99	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
132	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	0,99	OK	1,32	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
133	Ví dụ	0,96	OK	1,07	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G2	B	B
134	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	1,11	OK	1,01	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
135	Ví dụ	1,05	OK	1,01	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
136	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	1,09	OK	1,22	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
137	Ví dụ	1,03	OK	0,97	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
138	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	1,2	OK	1,3	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
139	Ví dụ	1,02	OK	0,98	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
140	Ví dụ	0,97	OK	0,99	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
141	Ví dụ	0,99	OK	1,02	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
142	Ví dụ	0,96	OK	1,05	OK	OK	NG	NG	NG	OK	G1	B	B
143	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	1,03	OK	1,85	NG	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B
144	<u>Ví dụ</u> <u>so sánh</u>	1,22	OK	1,03	OK	OK	NG	NG	NG	NG	B	B	B

Các kết quả ở trên cho thấy rằng ngay cả khi các sản phẩm thép phủ trong các ví dụ tương ứng với sản phẩm thép phủ của sáng chế có lớp phủ là loại đa nguyên tố chứa ít nhất Zn, Al, và Mg và có lượng Al nhỏ hơn 35,0% khối lượng, các vảy kim loại được tạo ra và các khuyết tật ở lớp hoàn thiện bề mặt được che giấu hiệu quả bởi các vảy kim loại, so với các ví dụ so sánh.

Các phương án được ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết ở trên dựa vào các hình vẽ kèm theo, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án như vậy. Hiển nhiên là các thay đổi hoặc các sửa đổi khác có thể đạt được bởi những người có kiến thức thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật mà sáng chế liên quan đến trong phạm vi của ý tưởng kỹ thuật được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ, và hiểu được rằng các thay đổi hoặc các sửa đổi này đương nhiên nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Sản phẩm thép phủ nhúng nóng, sản phẩm này bao gồm: sản phẩm thép; và lớp phủ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép,

trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm pha Zn, pha Al, và pha $MgZn_2$, và chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn trong pha Zn, và

lớp phủ gồm có, dựa trên cơ sở thành phần trung bình và % khối lượng:

Zn: lớn hơn hoặc bằng 45,00%;

Al: lớn hơn 5,0% và nhỏ hơn 35,0%;

Mg: lớn hơn 3,0% và nhỏ hơn 15,0%;

Sn: từ 0,01% đến nhỏ hơn 5,00%;

Bi: từ 0% đến nhỏ hơn 1,0%;

In: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ca: từ 0% đến nhỏ hơn 3,00%;

Y: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

La: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Ce: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Si: từ 0% đến nhỏ hơn 2,5%;

Cr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ti: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Ni: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Co: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

V: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Nb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Cu: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Mn: từ 0% đến nhỏ hơn 0,25%;

Fe: từ 0% đến 5,0%;

Sr: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Sb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

Pb: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%;

B: từ 0% đến nhỏ hơn 0,5%; và

các tạp chất, và

trong đó, lớp phủ có thành phần hóa học thỏa mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

công thức 1: $Bi + In < Sn$;

công thức 2: $Y + La + Ce < Ca$;

công thức 3: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$;

công thức 4: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$; và

công thức 5: $0,0034 \times (Al)^2 + 0,0964 \times (Al) + 2,4323 \leq (Mg) \leq -0,0062 \times (Al)^2 + 0,65 \times (Al) - 0,0937$;

trong đó, trong các công thức từ 1 đến 5 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng,

trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa chiều dày lớp, tổng tỷ lệ diện tích của pha Al và pha $MgZn_2$ lớn hơn hoặc bằng 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 30%, và

trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp hợp kim Zn-Al-Mg thu được trong trường hợp trong đó phạm vi nhìn thấy $1000\mu m \times 700\mu m$ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét ở độ phóng đại 500 lần sau khi bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng đến mức một nửa chiều dày lớp, giá trị trung bình của các chiều dài chu vi tích lũy của pha Al nhỏ hơn $88mm/mm^2$ và tổng số lần xuất hiện của pha Al có chiều dài chu vi lớn hơn hoặc bằng $50\mu m$ là nhỏ hơn 100.

2. Sản phẩm thép phủ theo điểm 1,

trong đó, trong ảnh điện tử tán xạ ngược của lớp phủ thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp phủ, mặt cắt ngang này được cắt theo hướng chiều dày, ở phạm vi nhìn thấy $250\mu\text{m} \times 700\mu\text{m}$ và độ phóng đại 500 lần bằng kính hiển vi điện tử quét, tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{surface}), tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở trung tâm chiều dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{medium}), và tỷ lệ của các chiều dài bị chiếm bởi pha Al và pha MgZn_2 ở phía sản phẩm thép của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (L_{boarder}) thỏa mãn các công thức 6 và 7 sau đây:

công thức 6: $0,90 \leq (L_{\text{surface}})/(L_{\text{boarder}})$; và

công thức 7: $(L_{\text{medium}})/(L_{\text{boarder}}) \leq 1,10$.

3. Sản phẩm thép phủ theo điểm 1 hoặc 2, trong đó lớp phủ có thành phần trung bình và nồng độ Mg lớn hơn hoặc bằng 5,0% dựa trên cơ sở % khối lượng, và thỏa mãn các công thức từ 8 đến 11 sau đây:

công thức 8: $0,01 \leq \text{Sn} < 0,25$;

công thức 9: $0,05 < \text{Ca} < 0,5$;

công thức 10: $\text{Sn} + 0,02 \leq \text{Ca}$ trong trường hợp trong đó $0,01 \leq \text{Sn} \leq 0,05$; và

công thức 11: $\text{Sn} < \text{Ca}$ trong trường hợp trong đó $0,05 < \text{Sn} < 0,25$;

trong đó, trong các công thức từ 8 đến 11 này, mỗi ký hiệu nguyên tố là hàm lượng của mỗi nguyên tố dựa trên cơ sở % khối lượng.

Fig.1

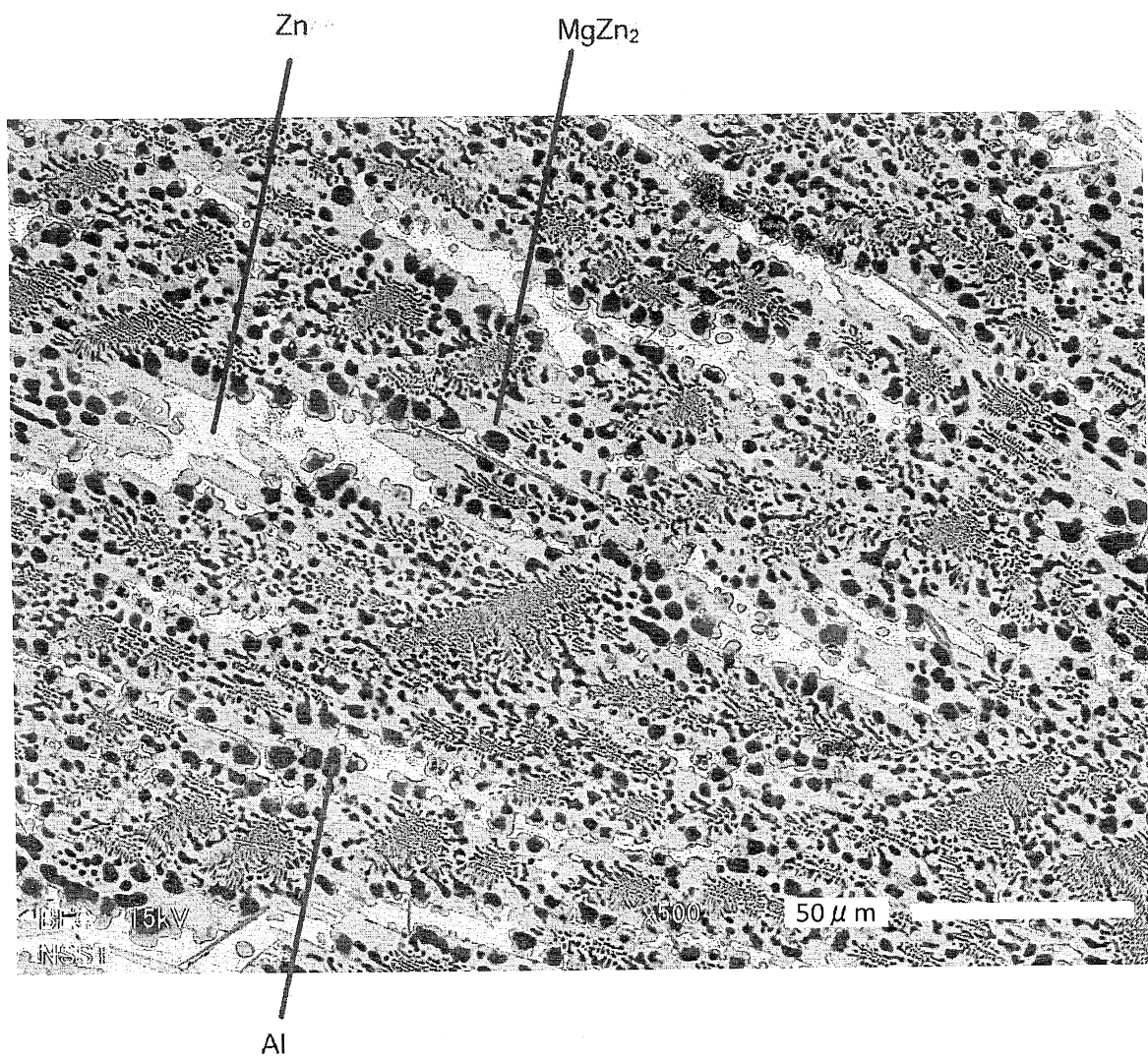


Fig.2

BIÊN VẢY KIM LOẠI

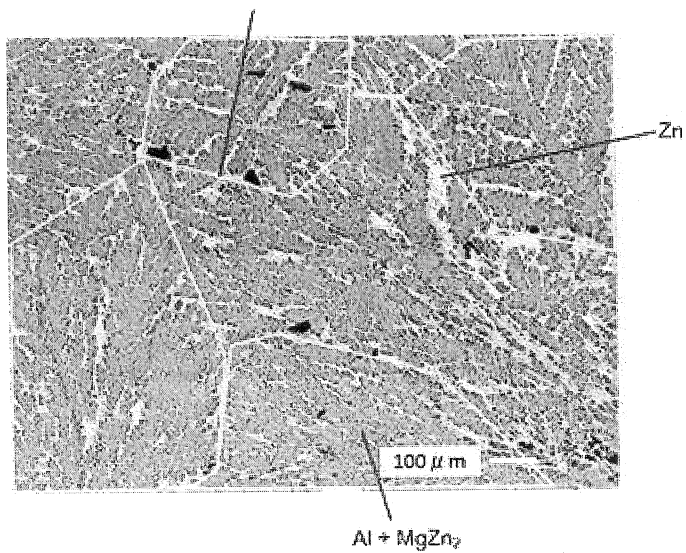


Fig.3

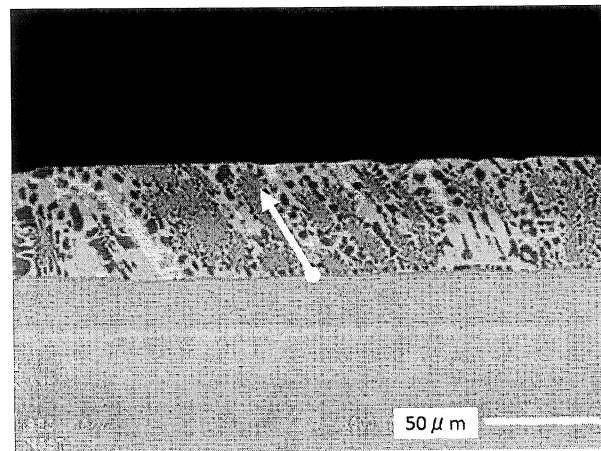


Fig.4

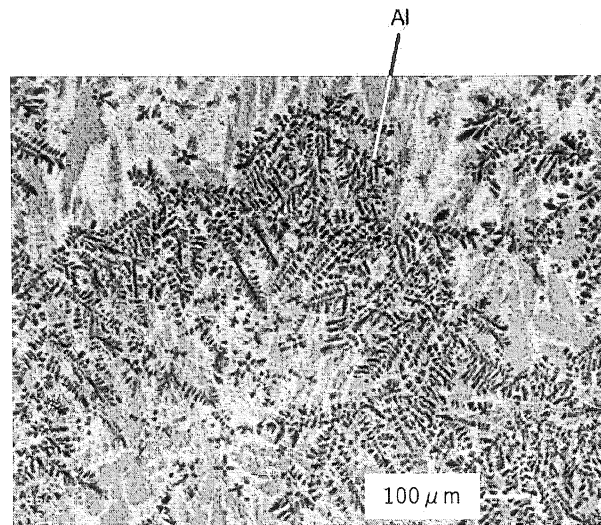


Fig.5

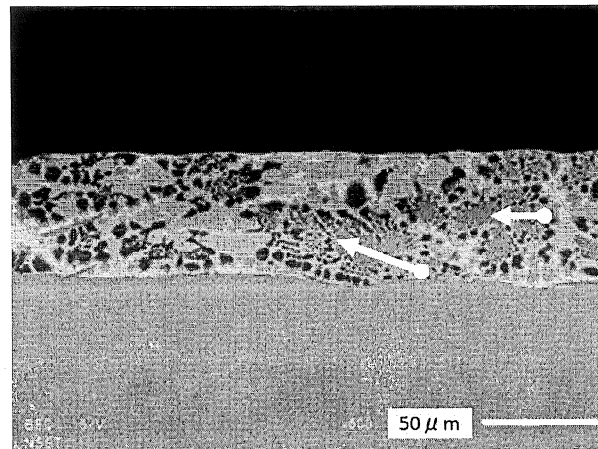
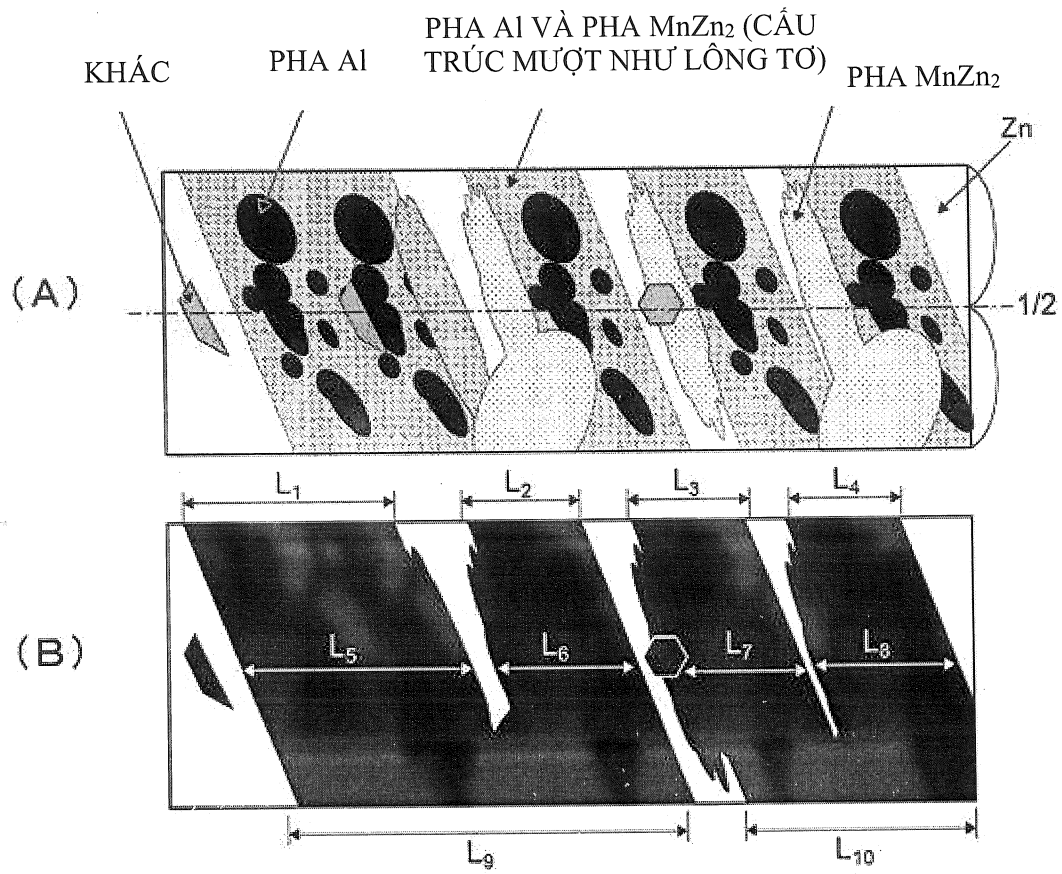


Fig.6



$$L_{\text{surface}} = L_1 + L_2 + L_3 + L_4$$

$$L_{\text{medium}} = L_5 + L_6 + L_7 + L_8$$

$$L_{\text{boarder}} = L_9 + L_{10}$$