



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

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

(11)



1-0035242

(51)^{2019.01} C22C 18/04; C23C 2/28; C23C 2/06; (13) B
C22C 38/00; C22C 38/04

(21) 1-2019-04626

(22) 26/01/2018

(86) PCT/JP2018/002595 26/01/2018

(87) WO/2018/139619 02/08/2018

(30) 2017-013198 27/01/2017 JP

(45) 25/04/2023 421

(43) 25/11/2019 380A

(73) NIPPON STEEL CORPORATION (JP)

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

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

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

(54) SẢN PHẨM THÉP MẠ

(57) Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép mạ có sản phẩm thép và lớp mạ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép, mà trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg có pha Zn, pha Zn chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, và lớp mạ bao gồm Zn: nhiều hơn 65,0%, Al: từ nhiều hơn 5,0% đến ít hơn 25,0%, Mg: từ nhiều hơn 3,0% đến ít hơn 12,5%, Sn: 0,1% đến 20,0% tính theo phần trăm (%) theo khối lượng, các lượng nhất định của các nguyên tố tùy chọn, và các tạp chất, và có thành phần hoá học mà thoả mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

Công thức 1: $Bi + In < Sn$

Công thức 2: $Y + La + Ce \leq Ca$

Công thức 3: $Si < Sn$

Công thức 4: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$

Công thức 5: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép mạ.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sự đa dạng của các sản phẩm thép mạ được sử dụng trong lĩnh vực về các vật liệu xây dựng. Nhiều trong số chúng là các sản phẩm thép mạ Zn (kẽm). Từ các nhu cầu về tuổi thọ của các vật liệu xây dựng, nghiên cứu về sự chống ăn mòn cao của các sản phẩm thép mạ Zn đã được thực hiện trong thời gian dài, và các sản phẩm thép mạ khác nhau đã được phát triển. Sản phẩm thép mạ chống ăn mòn cao thứ nhất dùng cho các vật liệu xây dựng là sản phẩm thép mạ Al Zn 5% (sản phẩm thép mạ Galfan (được mạ kẽm)) mà trong đó Al được bổ sung vào lớp mạ dựa trên Zn để nâng cao sự chống ăn mòn. Một thực tế nổi tiếng rằng Al được bổ sung vào lớp mạ để nâng cao sự chống ăn mòn. Pha Al được tạo nên ở lớp mạ (cụ thể là pha Zn) với sự bổ sung của 5% Al, và sự chống ăn mòn được nâng cao. Cơ bản là, sản phẩm thép mạ Zn 55% Al 1,6% Si (sản phẩm thép mạ nhôm kẽm) cũng là sản phẩm thép mạ với sự chống ăn mòn được nâng cao vì cùng lý do.

Do đó, khi nồng độ Al được nâng cao, cơ bản là, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được nâng cao. Tuy nhiên, khi nồng độ Al được nâng cao, nó gây ra sự suy giảm khả năng chống ăn mòn thay thế.

Ở đây, dấu hiệu hấp dẫn của sản phẩm thép mạ dựa trên Zn là hiệu quả chống ăn mòn thay thế trên kim loại gốc (sản phẩm thép). Nói cách khác, ở bề mặt đầu cắt của sản phẩm thép mạ, phần nứt của lớp mạ được tạo ra trong suốt thời gian xử lý, và phần để lộ của kim loại gốc (sản phẩm thép) mà xuất hiện do sự tách lớp của lớp mạ, lớp mạ được tách rửa trong vùng lân cận của phần như vậy trước khi ăn mòn kim loại gốc (sản phẩm thép), và thành phần mạ được tách rửa tạo nên màng bảo vệ. Điều này khiến có thể ngăn ngừa gỉ đỏ khỏi kim loại gốc (sản phẩm thép) ở mức nào đó.

Nhìn chung, nồng độ Al thấp hơn và nồng độ Zn cao hơn tốt hơn cho các hiệu quả như vậy. Do đó, sản phẩm thép mạ có sự chống ăn mòn cao mà trong đó nồng độ Al được giới hạn ở, ví dụ, nồng độ tương đối thấp từ 5% đến 25% đã khả dụng trong sử dụng thực tế trong những năm gần đây. Cụ thể là, sản phẩm thép mạ, mà trong đó nồng độ Al được giới hạn ở mức thấp và Mg được chứa trong khoảng từ 1% đến 3%, có khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế vượt trội so với khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế của sản phẩm thép mạ Galfan. Do đó, sản phẩm thép mạ như vậy đã trở thành xu hướng thị trường và được biết đến rộng rãi trên thị trường

hiện nay. Ví dụ, các tấm thép mạ được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 1 và 2 cũng đã được phát triển như các sản phẩm thép mạ chứa các lượng Al và Mg nhất định và đạt được sự chống ăn mòn cao.

Trong lĩnh vực về các vật liệu xây dựng trong đó tuổi thọ luôn được mong muốn, có nhu cầu nâng cao hơn khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế. Sản phẩm thép mạ có cả hai tính chất là tốt nhất. Trong những năm gần đây, khả năng tương thích tốt giữa cả hai tính chất đã đạt được bằng cách pha trộn lớp mạ chủ yếu chứa Al và Mg. Tuy nhiên, thông thường, việc pha trộn lớp mạ làm cho tăng độ cứng của lớp mạ, và khả năng xử lý cũng bị suy giảm đáng kể khi được so sánh với lớp mạ của kim loại nguyên chất. Do đó, sản phẩm thép mạ phải có khả năng xử lý. Hơn nữa, do độ cứng lớp mạ được kết hợp với tính chịu mòn, tốt hơn là tận dụng hiệu quả các tính chất nhận được bằng cách pha trộn lớp mạ.

Tuy nhiên, các tính chất này chẳng hạn như sự chống ăn mòn bề mặt phẳng, khả năng chống ăn mòn thay thế, khả năng xử lý, và tính chịu mòn tất cả khó tương thích với nhau bởi vì, ví dụ, khi bất kỳ trong số các tính chất như vậy được nâng cao, các tính chất còn lại suy giảm.

Ví dụ, như được nêu trên, điều đặc biệt quan trọng là lựa chọn nồng độ Al xét về sự chống ăn mòn bề mặt phẳng. Tấm thép mạ Al như được mô tả trong tài liệu sáng chế 3 và tấm thép mạ dựa trên Al-Zn như được mô tả trong tài liệu sáng chế 4 khả dụng là sản phẩm thép mạ mà chủ yếu được bao gồm Al và được xử lý bằng cách dẫn khả năng chống ăn mòn thay thế. Trong khi đó, khi sản phẩm thép mạ mà trong đó nồng độ Al được giới hạn ở mức tương đối thấp khoảng 5% và sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được truyền tới lớp mạ, các tấm thép mạ được bộc lộ trong các tài liệu sáng chế 5, 6, 7, và 8,

Tài liệu sáng chế 1: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua xét nghiệm (JP-A) số 2006-193791

Tài liệu sáng chế 2: WO2011/001662

Tài liệu sáng chế 3: JP-A số 2002-012959

Tài liệu sáng chế 4: JP-A số 2015-214747

Tài liệu sáng chế 5: JP-A số 2001-115273

Tài liệu sáng chế 6: JP-A số 2001-316791

Tài liệu sáng chế 7: JP-A số 2010-275634

Tài liệu sáng chế 8: JP-A số 2001-64759

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, trong các sản phẩm thép mạ được mô tả trong tài liệu sáng chế 3 và 4, do lớp mạ chủ yếu bao gồm Al, lượng Zn được giới hạn, và hiệu quả chống ăn mòn thay thế và khoảng thời gian hiệu lực được giảm đáng kể. Do đó, không thể được nói rằng khả năng tương thích tốt giữa khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế có thể đạt được trong khi sự chống ăn mòn bề mặt phẳng tương đối vượt trội. Kết quả là, sản phẩm thép mạ mà có thể thay thế sản phẩm thép mạ nhôm kẽm chưa được phổ biến trên thị trường.

Ngoài ra, các sản phẩm thép mạ được mô tả trong các tài liệu sáng chế từ 5 đến 8 cũng không thể cho phép sản phẩm thép mạ dựa trên Zn-Al được phát triển mới nhất (5% hoặc nhiều hơn)-Mg (1% hoặc nhiều hơn) để có sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng chống ăn mòn thay thế bổ sung khi có thể so sánh được với các sản phẩm thép mạ dựa trên Al. Do đó, không thể được nói rằng các tính chất hấp dẫn được đưa ra tới các sản phẩm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời.

Ngoài ra, khó để nói rằng bất kỳ trong số các sản phẩm thép mạ đạt được cả khả năng xử lý và tính chịu mòn.

Mục đích theo một khía cạnh theo sáng chế là đề xuất sản phẩm thép mạ mà đạt được việc nâng cao khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế và khả năng tương thích tốt giữa khả năng xử lý và tính chịu mòn.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Phương tiện giải quyết các vấn đề bao gồm các khía cạnh sau đây.

<1> Sản phẩm thép mạ có sản phẩm thép và lớp mạ 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 có pha Zn, và pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn,

trong đó lớp mạ bao gồm, tính theo phần trăm (%) theo khối lượng

Zn: nhiều hơn 65,0%,

Al: từ nhiều hơn 5,0% đến ít hơn 25,0%,

Mg: từ nhiều hơn 3,0% đến ít hơn 12,5%,

Sn: từ 0,1% đến 20,0%,

Bi: từ 0% đến ít hơn 5,0%,

In: từ 0% đến ít hơn 2,0%,

Ca: từ 0% đến 3,00%,

Y: từ 0% đến 0,5%,

La: từ 0% đến ít hơn 0,5%,
 Ce: từ 0% đến ít hơn 0,5%,
 Si: từ 0% đến ít hơn 2,5%,
 Cr: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Ti: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Ni: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Co: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 V: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Nb: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Cu: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Mn: từ 0% đến ít hơn 0,25%,
 Fe: từ 0% đến 5,0%,
 Sr: từ 0% đến ít hơn 0,5%,
 Sb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,
 Pb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,
 B: từ 0% đến ít hơn 0,5%, và
 các tạp chất, và

trong đó lớp mạ có thành phần hoá học thoả mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

Công thức 1: $Bi + In < Sn$

Công thức 2: $Y + La + Ce \leq Ca$

Công thức 3: $Si < Sn$

Công thức 4: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$

Công thức 5: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$

trong đó, trong các công thức từ 1 đến 5, mỗi ký hiệu nguyên tố biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tương ứng tính theo phần trăm (%) theo khối lượng.

<2> Sản phẩm thép mạ theo mục <1>, trong đó pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt trung bình ít hơn 1 μm .

<3> Sản phẩm thép mạ theo mục <1> hoặc <2>, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm có phần diện tích từ 10% đến 50% đối với pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn.

<4> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <3>, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có mặt với phần diện tích 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

<5> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <4>, trong đó dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) = {I (cường độ 22,8° (cps)) + I (cường độ 23,3° (cps)) + I (cường độ 24,2° (cps))} / 3 $\times$ I (cường độ nền ở 20° (cps)) là 1,5 hoặc cao hơn.

<6> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <5>, trong đó lớp mạ có hàm lượng Ca từ 0,05% đến 3,00% theo khối lượng, và pha Zn chứa, như pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, pha MgCaSn và pha Mg₉Sn₅,

trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (MgCaSn + Mg₉Sn₅) = {I (cường độ 22,8° (cps)) + I (cường độ 26,3° (cps))} / I (cường độ 23,3° (cps)) ít hơn 0,3, và I (cường độ 23,3° (cps)) là 500 cps hoặc cao hơn.

<7> Sản phẩm thép mạ theo mục <5>, trong đó lớp mạ có hàm lượng Mg từ nhiều hơn 4,0% đến ít hơn 12,5% theo khối lượng, hàm lượng Ca từ 0,05% đến 3,00% theo khối lượng, và hàm lượng Si từ 0,01% đến 2,5% theo khối lượng,

trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất trong số các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện từ 23,0° đến 23,46° xuất hiện giữa 23,36° đến 23,46°.

<8> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <7>, trong đó lớp mạ có hàm lượng Ca từ 0,05% đến 3,00% theo khối lượng và hàm lượng Si từ 0,01% đến 2,5% theo khối lượng,

trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg có ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μ m hoặc lớn hơn và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μ m hoặc lớn hơn.

<9> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <8>, trong đó lớp mạ có hàm lượng Ca từ 0,05% đến 3,00% theo khối lượng,

trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có kích cỡ hạt là 1 μ m hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 5% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-

Mg.

<10> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <9>, trong đó lớp mạ có hàm lượng Sn từ 3,00% đến 20,00% theo khối lượng, và, công thức sau đây được thoả mãn:

$0,05 < \text{Sn/Zn}$, trong đó mỗi trong số Sn và Zn biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tương ứng,

trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt 1 μm hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

<11> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <10>, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, kết cấu eutectoit được bao gồm pha Zn và pha Al, và có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm, có mặt với phần diện tích là 10% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

<12> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <11>, trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ có phần diện tích từ 0% đến 5% trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

<13> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <9>, trong đó hàm lượng Sn của lớp mạ từ 0,10% đến ít hơn 3,00%.

<14> Sản phẩm thép mạ theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <13>, trong đó lớp mạ có lớp hợp kim Al-Fe giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Hiệu quả của sáng chế

Mục đích theo một khía cạnh của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép mạ mà đạt được việc nâng cao khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế và khả năng tương thích tốt giữa khả năng xử lý và tính chịu mòn.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là ví dụ về kết cấu eutecti ba nguyên tố trong lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời (Zn-11%Al-3%Mg-0,2%Si).

Fig.2 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ví dụ về lớp mạ theo sáng chế.

Fig.3 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ảnh phóng đại của phần pha Zn trên Fig.2.

Fig.4 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ví dụ khác về lớp mạ theo sáng chế.

Fig.5 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ảnh phóng đại của vùng lân cận của pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn cỡ lớn trên Fig.4.

Fig.6 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ví dụ khác về lớp mạ theo sáng chế.

Fig.7 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ảnh phóng đại của kết cấu eutectoit được bao gồm pha Zn và pha Al, và có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm (kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất) trên Fig.6,

Fig.8 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM thể hiện ví dụ khác về lớp mạ theo sáng chế.

Fig.9 là ảnh phóng đại (ảnh điện tử tán xạ ngược SEM) của kết cấu lớp mạ trong khung trên Fig.8,

Fig.10 là ảnh phóng đại (ảnh TEM) của vùng lân cận của giao diện Fe của lớp mạ được thể hiện trên Fig.8,

Fig.11A là ảnh nhiễu xạ chùm điện tử của pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) trên Fig.10,

Fig.11B là phổ phân tích EDS của pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) trên Fig.10,

Fig.12A là ảnh nhiễu xạ chùm điện tử của pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) trên Fig.10,

Fig.12B là phổ phân tích EDS của pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) trên Fig.10,

Fig.13 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM để giải thích phương pháp xác định kết cấu eutectoit được bao gồm pha Zn và pha Al, và có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm (kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất) và đo phần diện tích của chúng.

Fig.14 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM để giải thích phương pháp xác định kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ và đo phần diện tích của chúng.

Mô tả chi tiết sáng chế

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

Theo sáng chế, sự chỉ báo “%” của hàm lượng của mỗi nguyên tố của thành phần hoá học nghĩa là “% theo khối lượng.”

Ngoài ra, dãy số được biểu diễn nhờ sử dụng "đến" nghĩa là phạm vi mà bao gồm các trị số bằng số trước khi và sau khi "đến" như giới hạn dưới và giới hạn trên.

Dãy số khi trị số bằng số được mô tả trước khi hoặc sau khi "đến" được

bổ sung với "trên" hoặc "ít hơn so với" nghĩa là phạm vi mà không bao gồm trị số bằng số như giới hạn dưới hoặc giới hạn trên.

Hàm lượng của nguyên tố của thành phần hoá học có thể được biểu diễn là lượng nguyên tố (ví dụ, lượng Zn hoặc lượng Mg) hoặc nồng độ nguyên tố (ví dụ, nồng độ Zn hoặc nồng độ Mg).

Thuật ngữ "bước" bao gồm không những bước độc lập mà còn bước thậm chí trong trường hợp trong đó bước không thể được phân biệt rõ ràng với các bước khác, miễn là mục đích được dự định của bước đạt được.

Thuật ngữ "sự chống ăn mòn bề mặt phẳng" tự nó đề cập tới tính chất chống ăn mòn của lớp mạ (cụ thể là lớp hợp kim Zn-Al-Mg).

Thuật ngữ "khả năng chống ăn mòn thay thế" đề cập tới tính chất ức chế sự ăn mòn của phần để lộ của kim loại gốc (sản phẩm thép) (ví dụ, bề mặt đầu cắt của sản phẩm thép mạ, vết nứt do xử lý gây ra ở lớp mạ, và phần của kim loại gốc (sản phẩm thép) được để lộ do sự tách lớp của lớp mạ).

Sản phẩm thép mạ theo sáng chế là tấm thép mạ nóng chảy có sản phẩm thép và lớp mạ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép, mà trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg có pha Zn, pha Zn chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, và lớp mạ có thành phần hoá học nhất định.

Sản phẩm thép mạ theo sáng chế có kết cấu nêu trên đạt được việc nâng cao khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế và khả năng tương thích tốt giữa khả năng xử lý và tính chịu mòn. Sản phẩm thép mạ theo sáng chế đã được tìm thấy dựa trên các kết quả sau.

Các nhà sáng chế nhận được các kết quả sau đây về các tính chất khác nhau của lớp mạ của sản phẩm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg.

Để nhận được sự chống ăn mòn bề mặt phẳng ở mức bằng hoặc cao hơn so với tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg chống ăn mòn nổi trội nhất trong những năm gần đây, nồng độ Al cần ít nhất nhiều hơn 5% và nồng độ Mg cần ít nhất nhiều hơn 3%. Khả năng tương thích tốt giữa khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế không thể đạt được đối với các tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời dưới các nồng độ này.

Trong khi đó, khả năng chống ăn mòn thay thế có thể được truyền tới lớp mạ bằng cách cho phép lớp mạ chứa lượng Sn nhất định để gây ra sự thay đổi về pha tạo thành của lớp mạ (cụ thể là, lớp hợp kim Zn-Al-Mg), ngoài việc điều khiển nồng độ Al và nồng độ Mg. Cụ thể là, khả năng chống ăn mòn thay thế có thể có tác dụng ở mức mà có thể không đạt được bởi các sản phẩm thép mạ dựa trên Zn nóng chảy thông thường bằng cách khiến pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn được kết tủa chủ yếu trong pha Zn được tạo nên ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Khi pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn được chứa trong pha Zn, độ cứng của pha Zn tăng mà không suy giảm khả năng xử lý. Hơn nữa, tính chịu mòn nổi trội cũng đạt được bởi vì khả năng xử lý ở mức tương đương với mức của các sản phẩm mạ dựa trên Zn-Al-Mg thông thường được duy trì bằng cách điều chỉnh một cách thích hợp các nồng độ C Zn, Al, Mg, và Sn trong khi thành phần hoá học của lớp mạ là thành phần hợp kim cao, và độ cứng lớp mạ được duy trì ở mức cao bằng cách nhận biết thành phần hợp kim cao như thành phần hoá học của lớp mạ.

Theo đó, đã được nhận thấy rằng tấm thép mạ theo sáng chế có thể là sản phẩm thép mạ mà đạt được việc nâng cao khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế và khả năng tương thích tốt giữa khả năng xử lý và tính chịu mòn.

Cụ thể là, do sản phẩm thép mạ theo sáng chế nổi trội về khả năng chống ăn mòn thay thế, sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt được nâng cao.

Ở đây, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn (sau đây được gọi là "pha MCSB nguyên chất" nhằm thuận tiện) bao gồm các pha hợp chất liên kim loại tương ứng với mục (1) đến (5) sau đây. Pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có thể tạo nên dung dịch rắn với nguyên tố xen kẽ chẳng hạn 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 là pha được thay thế) mà trong đó Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số 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 là pha được thay thế) mà trong đó Mg được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số 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 là pha được thay thế) mà trong đó Mg được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Ca, Y, La, hoặc Ce, và Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số 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 ."

Dưới đây, sản phẩm thép mạ theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết.

Sản phẩm thép được mạ sẽ được mô tả.

Hình dạng của sản phẩm thép không được giới hạn cụ thể. Các ví dụ về sản phẩm thép bao gồm các sản phẩm thép được xử lý tạo hình chẳng hạn như

các ống thép, các vật liệu xây dựng kỹ thuật dân dụng (chẳng hạn như các đường ống hàng rào, các ống lượn sóng, các nắp mương thoát nước, các tấm bảo vệ cát, các bu lông, lưới thép, các đường ray bảo vệ, và các tường khoá nước), các thiết bị điện gia dụng (chẳng hạn như các vỏ của các bộ phận ngoài trời của điều hoà), các bộ phận ô tô (chẳng hạn như các chi tiết khung gầm) cũng như các tấm thép. Ví dụ, các phương pháp xử lý nhựa khác nhau chẳng hạn như xử lý nén, tạo hình cuộn, và xử lý uốn có thể được ứng dụng để tạo nên việc xử lý.

Không có các giới hạn cụ thể đối với các vật liệu dùng cho sản phẩm thép. Ví dụ, các sản phẩm thép khác nhau chẳng hạn như thép chung, thép mạ lót Ni, thép khử Al, thép cacbon cực thấp, thép cacbon cao, các sản phẩm thép cường độ cao khác nhau, và một vài sản phẩm thép hợp kim cao (chẳng hạn như thép chứa nguyên tố tăng cường chẳng hạn như Ni hoặc Cr) khả dụng.

Ngoài ra, sản phẩm thép không được giới hạn cụ thể về các điều kiện đối với phương pháp sản xuất sản phẩm thép, phương pháp sản xuất tấm thép, hoặc tương tự (chẳng hạn như phương pháp cuộn nóng, phương pháp tẩy rửa, hoặc phương pháp cuộn lạnh).

Sản phẩm thép có thể là sản phẩm thép mạ lót được chuẩn bị bằng cách mạ lót.

Tiếp theo, lớp mạ sẽ được mô tả.

Lớp mạ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Lớp mạ có thể bao gồm lớp hợp kim Al-Fe, ngoài lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Lớp hợp kim Al-Fe có mặt giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Nói cách khác, lớp mạ có thể có kết cấu lớp đơn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg hoặc kết cấu phân lớp bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe. Trong trường hợp của kết cấu phân lớp, lớp hợp kim Zn-Al-Mg mong muốn là lớp mà cấu thành bề mặt của lớp mạ.

Lưu ý rằng màng oxit của các nguyên tố cấu thành lớp mạ được tạo nên có độ dày khoảng 50 nm trên bề mặt của lớp mạ. Tuy nhiên, khi độ dày mỏng so với độ dày của toàn bộ lớp mạ, màng oxit được xem xét không cấu thành phần chính của lớp mạ.

Ở đây, độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, ví dụ, từ 2 μm đến 95 μm (tốt hơn là từ 5 μm đến 75 μm).

Trong khi đó, độ dày của toàn bộ lớp mạ là, ví dụ, khoảng 100 μm hoặc nhỏ hơn. Do độ dày của toàn bộ lớp mạ tùy thuộc vào các điều kiện mạ, giới hạn trên và giới hạn dưới của độ dày của toàn bộ lớp mạ không được giới hạn cụ thể. Ví dụ, độ dày của toàn bộ lớp mạ được kết hợp với độ nhót và trọng lượng riêng của bề mạ theo phương pháp mạ nóng chảy thông thường. Hơn nữa, trọng lượng

mạ được điều chỉnh bởi tốc độ rút ra của tấm thép (tấm mạ gốc) và cường độ quét. Do đó được xem xét rằng giới hạn dưới của độ dày của toàn bộ lớp mạ là khoảng 2 μm .

Trong khi đó, do trọng lượng và tính đồng nhất của kim loại mạ, lớp mạ mà có thể được sản xuất bởi phương pháp mạ nóng chảy có độ dày khoảng 95 μm .

Độ dày của lớp mạ có thể được xác định tự do tùy thuộc vào tốc độ rút ra khỏi bể mạ và các điều kiện lau, chỉ báo rằng sự hình thành của lớp mạ có độ dày từ 2 đến 95 μm đặc biệt không khó về mặt sản xuất.

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

Lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên 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 kết cấu. Lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên theo sự khuếch tán nguyên tử giữa kim loại gốc (sản phẩm thép) và bể mạ. Trong trường hợp trong đó phương pháp mạ nóng chảy được sử dụng là phương pháp sản xuất, lớp hợp kim Al-Fe có khả năng được tạo nên ở lớp mạ chứa Al là nguyên tố. Do bể mạ chứa Al ở nồng độ nhất định hoặc lớn hơn, pha Al_5Fe được tạo nên là pha nổi trội nhất. Tuy nhiên, sự khuếch tán nguyên tử cần thời gian, và phần gần kim loại gốc 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 tương tự. Ngoài ra, do Zn cũng được chứa ở nồng độ nhất định trong bể mạ, lớp hợp kim Al-Fe cũng chứa lượng Zn nhỏ.

Liên quan đến sự chống ăn mòn, không có sự khác biệt đáng kể trong số pha Al_5Fe , pha Al_3Fe , pha AlFe , và pha Al_5Fe_2 . Thuật ngữ "sự chống ăn mòn" được sử dụng ở đây có nghĩa là sự chống ăn mòn ở phía mà không bị ảnh hưởng bởi việc hàn. Độ dày của lớp hợp kim Al-Fe ở lớp mạ là nhỏ, và mức chống ăn mòn thấp hơn so với mức chống ăn mòn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Vì vậy, không có sự khác biệt đáng kể trong việc chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ thậm chí khi tỉ lệ của các pha này thay đổi.

Ở đây, trong trường hợp trong đó Si được chứa ở lớp mạ, Si cụ thể được đưa một cách dễ dàng vào lớp hợp kim Al-Fe, mà có thể dẫn đến pha hợp chất liên kim loại Al-Fe-Si. Có pha AlFeSi là pha hợp chất liên kim loại được nhận dạng. Ví dụ, các pha α -, β -, $q1$ -, và $q2$ - AlFeSi tồn tại là các chất đồng phân. Do đó, các pha AlFeSi này có thể được phát hiện ở lớp hợp kim Al-Fe. Lớp hợp kim Al-Fe chứa các pha AlFeSi này cũng được gọi là "lớp hợp kim Al-Fe-Si."

Lớp hợp kim Al-Fe-Si có độ dày nhỏ hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg và vì vậy chỉ có tác động nhỏ đến sự chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ.

Ngoài ra, trong trường hợp trong đó các sản phẩm thép mạ lót khác nhau được sử dụng là vật liệu mạ gốc (chẳng hạn như tấm mạ gốc), kết cấu của lớp hợp kim Al-Fe có thể thay đổi tùy thuộc vào lượng kết dính mạ lót. Cụ thể là, có các trường hợp chẳng hạn như trường hợp mà trong đó lớp kim loại nguyên chất được sử dụng để mạ lót vẫn ở xung quanh lớp hợp kim Al-Fe, trường hợp mà trong đó pha hợp chất liên kim loại (ví dụ, pha Al_3Ni) mà trong đó các thành phần của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và các thành phần mạ lót được liên kết với nhau tạo nên lớp hợp kim, trường hợp mà trong đó lớp hợp kim Al-Fe chứa các nguyên tố thay thế một vài trong số các nguyên tử Al và các nguyên tử Fe được tạo nên, và trường hợp mà trong đó lớp hợp kim Al-Fe-Si chứa các nguyên tố thay thế một vài trong số các nguyên tử Fe và các nguyên tử Si được tạo nên. Trong trường hợp bất kỳ, ác lớp hợp kim này cũng có độ dày nhỏ hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg và vì vậy chỉ có tác động nhỏ đến sự chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ.

Nói cách khác, lớp hợp kim Al-Fe là lớp bao gồm các lớp hợp kim theo các khía cạnh khác nhau nêu trên, ngoài lớp hợp kim chủ yếu được bao gồm pha Al_5Fe .

Lớp hợp kim Al-Fe có độ dày, ví dụ, từ 0 μm đến 5 μm (thường từ 100 nm đến 5 μm).

Điều này có nghĩa là lớp hợp kim Al-Fe không cần được tạo nên. Tuy nhiên, nhìn chung, khi lớp mạ được tạo nên bởi phương pháp mạ nóng chảy với thành phần mạ như được xác định rõ theo sáng chế, lớp hợp kim Al-Fe có độ dày 100 nm hoặc nhiều hơn được tạo nên giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Giới hạn dưới của độ dày của lớp hợp kim Al-Fe không được giới hạn cụ thể. Điều đã được nhận thấy rằng lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên một cách tất yếu khi tạo nên lớp mạ nóng chảy chứa Al. Ngoài ra, được xác định theo kinh nghiệm rằng độ dày khoảng 100 nm là độ dày trong trường hợp trong đó sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe được giới hạn nhiều nhất, mà là độ dày đảm bảo sự bám dính đủ giữa lớp mạ và kim loại gốc (sản phẩm thép). Khó để tạo nên lớp hợp kim Al-Fe mỏng hơn so với 100 nm với phương pháp mạ nóng chảy bởi vì nồng độ Al luôn cao trừ khi các biện pháp cụ thể được thực hiện. Tuy nhiên, thậm chí trong trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe có độ dày ít hơn 100 nm hoặc không có lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên, sẽ không có tác động lớn tới hiệu suất mạ.

Trong khi đó, trong trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe có độ dày 5 μm hoặc lớn hơn, thiếu thành phần Al ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg để được tạo nên trên lớp hợp kim Al-Fe, và sự bám dính và khả năng xử lý của lớp mạ có xu hướng suy giảm nhiều. Do đó, độ dày của lớp hợp kim Al-Fe được giới hạn ở 5 μm hoặc nhỏ hơn

Lớp hợp kim Al-Fe cũng được kết hợp chặt chẽ với nồng độ Al và nồng độ Sn. Nhìn 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 được bao gồm pha Al_5Fe . Do đó, ví dụ về thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe là thành phần cấu tạo bao gồm Fe: từ 25% đến 35%, Al: từ 65% đến 75%, Zn: 5% hoặc ít hơn, và số dư: các tạp chất.

Thông thường, lớp hợp kim Zn-Al-Mg có độ dày lớn hơn so với lớp hợp kim Al-Fe. Do đó, lớp hợp kim Al-Fe là tấm thép mạ góp phần vào sự chống ăn mòn bề mặt phẳng ở mức nhỏ hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Tuy nhiên, lớp hợp kim Al-Fe chứa Al và Zn là các nguyên tố chống ăn mòn ở các nồng độ nhất định hoặc lớn hơn, khi được đánh giá từ các kết quả phân tích thành phần. Do đó, lớp hợp kim Al-Fe có các mức nhất định về khả năng chống ăn mòn thay thế và các hiệu quả rào cản ăn mòn trên kim loại gốc (sản phẩm thép).

Khó xác nhận mức độ nào lớp hợp kim Al-Fe mỏng một mình góp phần vào sự chống ăn mòn bởi sự xác nhận định lượng. Tuy nhiên, ví dụ, trong trường hợp lớp hợp kim Al-Fe đủ dày, có thể đánh giá sự chống ăn mòn của lớp hợp kim Al-Fe một mình bằng cách loại bỏ cẩn thận lớp hợp kim Zn-Al-Mg trên lớp hợp kim Al-Fe bằng cách cắt từ bề mặt của lớp mạ nhờ sử dụng phay mặt đầu hoặc tương tự và thực hiện thử nghiệm ăn mòn. Lớp hợp kim Al-Fe chứa thành phần Al và lượng nhỏ thành phần Zn. Trong trường hợp trong đó lớp hợp kim Al-Fe có mặt, gỉ đỏ được tạo nên như các vết đốm, mà khác với trường hợp mà trong đó kim loại gốc (sản phẩm thép) được để lộ mà không có lớp hợp kim Al-Fe và được che toàn bộ với gỉ đỏ.

Ngoài ra, khi mặt cắt ngang của lớp mạ mà đã đạt đến trạng thái ngay trước khi sự hình thành gỉ đỏ trên kim loại gốc (sản phẩm thép) được quan sát trong suốt thời gian thử nghiệm ăn mòn, có thể được xác nhận rằng thậm chí mặc dù lớp hợp kim Zn-Al-Mg là lớp trên được tách rửa và bị gỉ, lớp hợp kim Al-Fe được để lại riêng để ngăn ngừa sự ăn mòn của kim loại gốc (sản phẩm thép). Điều này là bởi vì lớp hợp kim Al-Fe vượt trội về mặt điện hoá so với lớp Zn-Al-Mg nhưng kém hơn kim loại gốc (sản phẩm thép). Từ các thực tế này, có thể được đánh giá rằng lớp hợp kim Al-Fe cũng có mức chống ăn mòn nhất định.

Xét về sự ăn mòn, tốt hơn là lớp hợp kim Al-Fe dày hơn. Điều này hiệu quả để trì hoãn thời gian của sự hình thành gỉ đỏ. Tuy nhiên, do lớp hợp kim Al-Fe dày gây ra sự suy giảm đáng kể khả năng xử lý mạ, độ dày tốt hơn là bằng hoặc ít hơn độ dày nhất định. Độ dày thích hợp đã biết xét về khả năng xử lý. Lớp hợp kim Al-Fe có độ dày tốt hơn là 5 μm hoặc nhỏ hơn sao cho các vết nứt

được tạo ra từ lớp hợp kim Al-Fe cho lớp mạ trong suốt thời gian thử uốn V hoặc tương tự và lượng tạo hạt được giảm. Độ dày tốt hơn nữa là 2 μm hoặc nhỏ hơn.

Tiếp theo, thành phần hoá học của lớp mạ sẽ được mô tả.

Thành phần cấu tạo của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được chứa ở lớp mạ về cơ bản được duy trì thậm chí trong trường hợp trong đó tỉ lệ thành phần cấu tạo của bề mạ tương ứng với lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Theo phương pháp mạ nóng chảy, phản ứng để tạo nên lớp hợp kim Al-Fe được hoàn thành ở bề mạ. Do đó, thông thường, sự hình thành lớp hợp kim Al-Fe như vậy chỉ gây ra sự giảm nhẹ các thành phần Al và Zn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Để đạt được việc nâng cao khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế và số dư thích hợp giữa khả năng xử lý và tính chịu mòn, thành phần hoá học của lớp mạ được xác định như sau.

Cụ thể là, lớp mạ được cho phép chứa các lượng pha Mg và Sn nhất định ở nồng độ Zn nhiều hơn 65,0% như trong thành phần hoá học được mô tả dưới đây, nhờ vậy khiến có thể nâng cao đáng kể khả năng chống ăn mòn thay thế của pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg và thu nhận khả năng chống ăn mòn thay thế mức cao và sự chống ăn mòn bề mặt phẳng mức cao với sự có mặt của Al. Cũng có thể đạt được khả năng xử lý và tính chịu mòn.

Cụ thể là, thành phần hoá học của lớp mạ là thành phần hoá học bao gồm

Zn: nhiều hơn 65,0%,

Al: từ nhiều hơn 5,0% đến ít hơn 25,0%,

Mg: từ nhiều hơn 3,0% đến ít hơn 12,5%,

Sn: từ 0,1% đến 20,0%,

Bi: từ 0% đến ít hơn 5,0%,

In: từ 0% đến ít hơn 2,0%,

Ca: từ 0% đến 3,00%,

Y: từ 0% đến 0,5%,

La: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Ce: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Si: từ 0% đến ít hơn 2,5%,

Cr: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ti: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ni: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Co: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

V: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Nb: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Cu: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Mn: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Fe: từ 0% đến 5,0%,

Sr: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Sb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Pb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

B: từ 0% đến ít hơn 0,5% tính theo phần trăm (%) theo khối lượng và các tạp chất.

Lưu ý rằng thành phần hoá học của lớp mạ thỏa mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây.

Công thức 1: $Bi + In < Sn$

Công thức 2: $Y + La + Ce \leq Ca$

Công thức 3: $Si < Sn$

Công thức 4: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$

Công thức 5: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$

Trong các công thức từ 1 đến 5, mỗi ký hiệu nguyên tố biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tương ứng tính theo phần trăm (%) theo khối lượng.

Trong thành phần hoá học của lớp mạ, Bi, In, Ca, Y, La, Ce, Si, Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, Mn, Fe, Sr, Sb, Pb, và B là các thành phần tùy chọn. Nói cách khác, các thành phần này không cần được bao gồm ở lớp mạ. Trong trường hợp trong đó các thành phần tùy chọn này được bao gồm, hàm lượng của mỗi nguyên tố tùy chọn tốt hơn là nằm trong phạm vi tương ứng được mô tả dưới đây.

Ở đây, thành phần hoá học của lớp mạ là thành phần hoá học trung bình của toàn bộ lớp mạ (trong trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu lớp đơn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp mà trong đó lớp mạ có thành phần hoá học trung bình của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp mạ có kết cấu phân lớp của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, hoặc trường hợp mà trong đó lớp mạ có thành phần hoá học trung bình của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg được kết hợp cùng nhau).

Thông thường, theo phương pháp mạ nóng chảy, thành phần hoá học của

lớp hợp kim Zn-Al-Mg về cơ bản giống như bề mặt bởi vì phản ứng hình thành lớp mạ được hoàn thành trong bể mạ trong hầu hết mọi trường hợp. Ngoài ra, theo phương pháp mạ nóng chảy, lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên ngay lập tức và được phát triển ngay sau khi được ngâm trong bể mạ. Phản ứng hình thành lớp hợp kim Al-Fe được hoàn thành trong bể mạ, và lớp hợp kim Al-Fe thường có độ dày đủ nhỏ hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Do đó, trừ khi việc xử lý nhiệt đặc biệt chẳng hạn như xử lý hợp kim cấp nhiệt được thực hiện, thành phần hoá học trung bình của toàn bộ lớp mạ về cơ bản bằng thành phần hoá học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và vì vậy, các thành phần của lớp hợp kim Al-Fe có thể được bỏ qua.

Dưới đây, mỗi thành phần của lớp mạ sẽ được mô tả dưới đây.

<Zn: nhiều hơn 65,0%>

Zn là nguyên tố cần thiết để đạt được khả năng chống ăn mòn thay thế cũng như sự chống ăn mòn bề mặt phẳng. Liên quan đến nồng độ Zn xét về tỉ lệ thành phần nguyên tử, khi lớp mạ được bao gồm cùng với các nguyên tố có trọng lượng cụ thể thấp chẳng hạn như Al và Mg, Zn cần có tỉ lệ lớn nhất theo tỉ lệ thành phần nguyên tử.

Khi nồng độ Zn là 65,0% hoặc ít hơn, pha Al chủ yếu được tạo nên ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, dẫn đến việc thiếu pha Zn để đảm bảo khả năng chống ăn mòn thay thế. Ngoài ra, khi pha Al tăng, do Al có xu hướng tạo nên dung dịch rắn với các nguyên tố khác nhau khi được so sánh với Zn, các loại pha cấu thành của lớp mạ thay đổi. Ngoài ra, kết cấu phân phối mong muốn của các pha hợp chất liên kim loại không thể được duy trì.

Do đó, nồng độ Zn được thiết đặt tới nhiều hơn 65,0%. Nồng độ Zn tốt hơn là 70% hoặc nhiều hơn. Giới hạn trên của nồng độ Zn là nồng độ của các nguyên tố khác ngoài Zn và số dư khác ngoài các tạp chất.

<Al: từ nhiều hơn 5,0% đến ít hơn 25,0%>

Al là nguyên tố cần thiết để cho phép lớp mạ (cụ thể là lớp Zn-Al-Mg) chứa các nguyên tố khác ngoài Zn. Ban đầu khó để lớp mạ Zn (lớp Zn) chứa các nguyên tố khác. Ví dụ, các nguyên tố chẳng hạn như Mg, Ca, và Si không thể được bổ sung ở các nồng độ cao. Tuy nhiên, có thể sản xuất lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa các nguyên tố này bằng cách cho phép lớp mạ Zn (lớp Zn) chứa Al.

Al tạo nên pha Al mà truyền sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng biến dạng dẻo, và cũng góp phần vào sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe. Al cũng là nguyên tố thiết yếu để đảm bảo độ bám dính.

Khi nồng độ Al là 5,0% hoặc ít hơn, lớp mạ có xu hướng khó chứa các nguyên tố hợp kim mà truyền các tính chất, ngoài Mg và Ca. Ngoài ra, mật độ

Al thấp dẫn đến sự hình thành của pha Al với lượng pha lớn đối với hàm lượng dựa trên khối lượng khi được so sánh với Zn. Tuy nhiên, khi nồng độ Al là 5,0% hoặc ít hơn, lớp hợp kim Zn-Al-Mg có xu hướng chủ yếu bao gồm pha Zn. Điều này có thể dẫn tới việc giảm đáng kể sự chống ăn mòn bề mặt phẳng. Xét về sự chống ăn mòn, không tốt hơn 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 dưới đây, kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ có khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý kém được tạo nên, dẫn đến xu hướng suy giảm sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý.

Ngoài ra, khi nồng độ Al là 5,0% hoặc ít hơn, pha MgZn₂ có khả năng biến dạng dẻo kém có xu hướng phát triển thô như tinh thể ban đầu ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và khả năng xử lý của lớp mạ có xu hướng suy giảm đáng kể.

Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Al được thiết đặt tới nhiều hơn 5,0% (tốt hơn là 10,0% hoặc nhiều hơn).

Trong khi đó, khi nồng độ Al tăng, tỉ lệ của pha Al tăng nhanh ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và các tỉ lệ của pha Zn và pha MgZn₂ cần thiết để truyền khả năng chống ăn mòn thay thế giảm. Kết quả là, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý được nâng cao.

Tuy nhiên, kết cấu tạo thành sát với kết cấu thiếu khả năng chống ăn mòn thay thế. Hơn nữa, khi nồng độ Al tăng quá mức, sự đa dạng của các nguyên tố được đưa vào pha Al như được nêu trên, mà không dẫn tới sự hình thành của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất. Trong trường hợp trong đó lớp mạ được tạo nên bởi phương pháp mạ nóng chảy, độ dày của lớp hợp kim Al-Fe có xu hướng tăng. Kết quả là, pha Al chứa các lượng lớn Mg và Zn, dẫn đến sự hình thành của pha Al có sự chống ăn mòn và khả năng biến dạng dẻo rất kém. Sự hình thành của pha Al như vậy là không tốt hơn xét về việc đảm bảo khả năng xử lý.

Do đó, giới hạn trên của nồng độ Al được thiết đặt tới ít hơn 25,0% (tốt hơn là 23,0% hoặc ít hơn).

<Mg: từ nhiều hơn 3,0% đến ít hơn 12,5%>

Mg là nguyên tố cần thiết để truyền khả năng chống ăn mòn thay thế. Mg là nguyên tố cần thiết để cho phép pha MCSB nguyên chất được tạo nên trong pha Zn. Thông thường, khi Mg được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha MgZn₂ có khả năng chống ăn mòn thay thế được tạo nên. Tuy nhiên, khả năng chống ăn mòn thay thế của pha MgZn₂ kém hơn khả năng chống ăn mòn thay thế của pha MCSB nguyên chất, và pha MgZn₂ là pha hợp chất liên kim loại rất dễ vỡ. Do đó, lượng pha MgZn₂ tốt hơn là nhỏ.

Khi nồng độ Mg là 3,0% hoặc ít hơn, không thể tạo nên pha hợp chất liên kim loại (bao gồm pha MCSB nguyên chất và pha MgZn_2) cần thiết để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế với lượng đủ. Ngoài ra, khi lượng pha Zn tăng, pha Zn trở thành pha thứ nhất và tỉ lệ của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- MgZn_2 tăng, mà không tốt hơn xét về khả năng xử lý và sự chống ăn mòn.

Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Mg được thiết đặt tới nhiều hơn 3,0%.

Xem xét lượng pha MCSB nguyên chất được tạo nên, tốt hơn là nồng độ Mg đủ cao, và Mg được chứa ở nồng độ bằng một phần ba (1/3) hoặc nhiều hơn nồng độ Sn dựa trên sự tính toán trọng lượng riêng. Ngoài ra, xét về khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế, tốt hơn là Mg được chứa ở nồng độ bằng một phần ba (1/3) hoặc nhiều hơn nồng độ Sn. Do đó, giới hạn dưới của nồng độ Mg tốt hơn là nhiều hơn 5,0%.

Trong khi đó, khi nồng độ Mg là 12,5% hoặc nhiều hơn, lượng pha MgZn_2 tăng nhanh, dẫn đến mất khả năng biến dạng dẻo của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và sự suy giảm khả năng xử lý.

Do đó, giới hạn trên của nồng độ Mg được thiết đặt tới ít hơn 12,5% (tốt hơn là 10,0% hoặc ít hơn).

<Sn: từ 0,1% đến 20,0%, Bi: từ 0% đến ít hơn 5,0%, In: từ 0% đến ít hơn 2,0%, miễn là $\text{Bi} + \text{In} < \text{Sn}$ >

Sn là nguyên tố mà được bao gồm trong pha Zn và cần thiết để tạo nên pha MCSB nguyên chất mà truyền khả năng chống ăn mòn thay thế mức cao.

Ở đây, Sn, Bi, và In không tạo nên pha hợp chất liên kim loại cùng với Al và Zn ở bề mặt, và luôn liên kết với Mg sao cho tạo nên pha hợp chất liên kim loại. Cụ thể là, trong trường hợp trong đó Sn, Bi, và In được chứa riêng biệt ở bề mặt, các hợp chất chẳng hạn như Mg_2Sn , Mg_9Sn_5 , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In lần lượt được tạo nên. Khi Sn, Bi, và In được chứa ở 0,10% hoặc nhiều hơn, các pha hợp chất liên kim loại này được tạo nên. Trong số các pha hợp chất liên kim loại này, Mg_2Sn là nổi trội nhất xét về thực tế rằng Mg_2Sn có khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế, và nó được kết hợp một cách dễ dàng trong pha Zn giàu khả năng biến dạng dẻo mà đủ mềm để xử lý. Mg_3Bi_2 và Mg_3In tương đối kém hơn Mg_2Sn về mặt số dư trong số các tính chất chẳng hạn như sự chống ăn mòn bề mặt phẳng, khả năng chống ăn mòn thay thế, và khả năng xử lý.

Do đó, đối với sự hình thành của ít nhất Mg_2Sn là pha MCSB nguyên chất, Sn là nguyên tố thiết yếu và giới hạn dưới của nồng độ Sn được thiết đặt tới 0,1% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 3,0 hoặc nhiều hơn).

Mặc dù Bi và In là các nguyên tố tùy chọn, 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 (pha MCSB nguyên chất) mà trong đó Sn được thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Bi hoặc In được tạo nên. Sự hình thành của pha Mg_2Sn được thay thế như vậy khiến có thể điều chỉnh lượng Mg tốt nhất để được tách rửa để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế. Đối với sự hình thành của pha Mg_2Sn được thay thế, Sn, Bi, và In cần được chứa theo các điều kiện mà thoả mãn $Bi + In < Sn$. Nếu các điều kiện không được thoả mãn, hợp chất chẳng hạn như Mg_3Bi_2 hoặc Mg_3In được tạo nên một cách độc lập, dẫn đến việc suy giảm sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý.

Trong trường hợp trong đó Bi và In được chứa, các giới hạn dưới của các nồng độ Bi và In đều tốt hơn là 0,1% hoặc nhiều hơn, tốt hơn nữa là 0,3% hoặc nhiều hơn.

Trong khi đó, các hàm lượng lớn của Sn, Bi, và In khiến gia tăng tỉ lệ của sự tách rửa pha Mg từ lớp hợp kim Zn-Al-Mg và sự suy giảm của sự chống ăn mòn bề mặt phẳng. Cụ thể là, các hàm lượng lớn của Bi và In làm giảm khả năng xử lý của lớp mạ. Do đó, các nguyên tố này lần lượt cần để thoả mãn $Sn \leq 20,0\%$, $Bi < 5,0\%$, và $In < 2,0\%$ (tốt hơn là, $Sn \leq 5\%$, $Bi < 0,5\%$, và $In < 0,3\%$).

Trong trường hợp trong đó nồng độ Sn từ 3,00% đến 20,00% và Sn và Zn biểu diễn các nồng độ nguyên tố của chúng, khi công thức: $0,05 < Sn/Zn$ được thoả mãn, nồng độ của Sn được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg tăng tương đối. Theo đó, pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và pha MCSB có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn (cũng được gọi là "pha MCSB cỡ lớn") được kết tủa. Hiệu quả của sự kết hợp của pha MCSB sẽ được mô tả dưới đây.

Ngoài ra, khi nồng độ Sn từ 0,1% đến ít hơn 3,0%, có xu hướng nâng cao lớn hơn khả năng chống ăn mòn thay thế trong việc uốn T. Nhìn chung, trong trường hợp trong đó nồng độ Sn là cao, khả năng chống ăn mòn thay thế nổi trội được truyền. Tuy nhiên, liên quan đến các tính chất bao gồm nhiều yếu tố chẳng hạn như sự chống ăn mòn bề mặt phẳng, khả năng xử lý (độ cứng), và khả năng chống ăn mòn thay thế của lớp mạ như trong trường hợp của việc uốn T, tốt hơn là hạn chế nồng độ Sn ở mức thấp sao cho làm giảm nhẹ các hiệu quả của khả năng chống ăn mòn thay thế.

<Ca: từ 0% đến 3,00%, Y: từ 0% đến 0,5%, La: từ 0% đến ít hơn 0,5%, Ce: từ 0% đến ít hơn 0,5%, miễn là $Y + La + Ce \leq Ca$ >

Mg trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi Ca, Y, La, và Ce. Nói cách khác, pha Mg_2Sn được thay thế (pha MCSB nguyên chất) mà trong đó Mg được

thay thế một phần bởi ít nhất một trong số Ca, Y, La, hoặc Ce được tạo nên. Sự hình thành của pha Mg_2Sn được thay thế như vậy cũng khiến có thể điều chỉnh lượng Mg tốt nhất được tách rửa để truyền khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế.

Đối với sự hình thành của pha Mg_2Sn được thay thế, tốt hơn là giới hạn dưới của nồng độ Ca là 0,05% hoặc nhiều hơn, giới hạn dưới của nồng độ Y là 0,1% hoặc nhiều hơn, và giới hạn dưới của mỗi trong số các nồng độ La và Ce là 0,1% hoặc nhiều hơn.

Trong khi đó, hàm lượng Ca có thể lên tới 3,00%, hàm lượng Y có thể lên tới 0,5%, mỗi trong số các hàm lượng La và Ce có thể lên tới ít hơn 0,5% (tốt hơn là hàm lượng Ca có thể lên tới 1,00%, hàm lượng Y có thể lên tới 0,3%, và mỗi trong số các hàm lượng La và Ce có thể lên tới 0,3%). Khi các nồng độ của Ca, Y, La, và Ce vượt quá các phạm vi này, mỗi trong số các nguyên tố Ca, Y, La, và Ce có xu hướng tạo nên pha hợp chất liên kim loại chủ yếu được bao gồm của chúng, dẫn đến sự suy giảm khả năng chống ăn mòn và khả năng xử lý. Ngoài ra, $Y + La + Ce \leq Ca$ phải được thỏa mãn từ mối tương quan của các vị trí thay thế trong pha MCSB nguyên chất. Trong trường hợp trong đó các điều kiện không được đáp ứng, mỗi trong số các nguyên tố Y, La, và Ce tạo nên pha hợp chất liên kim loại chủ yếu được bao gồm của chúng, và sự chống ăn mòn bề mặt phẳng suy giảm mạnh.

Hiệu quả thay thế khiến Mg_2Sn trải qua sự thay đổi kết cấu, dẫn đến khả năng chống ăn mòn thay thế dài hạn nổi trội. Mặc dù khó thực hiện sự phân biệt rõ ràng giữa các pha Mg_2Sn được thay thế (các pha Mg_2Sn được thay thế bao gồm sự thay thế với ít nhất một trong số Bi, In, Ca, Y, La, hoặc Ce), được cho rằng tốc độ tách rửa pha Mg từ pha Mg_2Sn có thể được điều khiển một cách thích hợp bởi sự thay thế với bất kỳ trong số các nguyên tố. Hơn nữa, được cho rằng sự thay thế với bất kỳ trong số các nguyên tố khiến pha Mg_2Sn được thay đổi để có kết cấu Mg_9Sn_5 được mô tả dưới đây. Khi Bi, In, Ca, Y, La, hoặc Ce (cụ thể là Ca) được chứa, nó khiến pha Mg_2Sn được thay thế được tạo nên một cách đơn giản, và cũng khiến pha Mg_2Sn có sự thay đổi dưới dạng tinh thể của nó, nhờ vậy tạo điều kiện cho sự hình thành của pha Mg_9Sn_5 . Các hiệu quả hình thành như vậy sẽ được mô tả dưới đây.

Như được nêu trên, trong trường hợp trong đó lớp mạ được thiết kế sao cho có tác dụng tới khả năng chống ăn mòn thay thế mức cao trong khoảng thời gian dài, tốt hơn là cho phép lớp mạ chứa các nguyên tố này.

<Si: từ 0% đến ít hơn 2,5%, Si < Sn>

Si là nguyên tố có kích cỡ nguyên tử nhỏ, và lượng Si nhỏ tạo nên dung dịch rắn xen kẽ trong pha MCSB nguyên chất. Do Si là nguyên tố nhỏ khi được

so sánh với các nguyên tử chẳng hạn như Ca, Y, La, Ce, Bi, và In, nó không dùng làm nguyên tố loại thay thế trong pha MCSB nguyên chất nhưng tạo nên dung dịch rắn xen kẽ, và gây ra một vài thay đổi về cấu trúc tinh thể của pha MCSB nguyên chất (ví dụ, pha Mg_2Sn , pha MgCaSn , hoặc pha Mg_9Sn_5) trong khi các phân chi tiết không được xác nhận. Mặc dù các sự thay đổi nhẹ trong cấu trúc tinh thể không thể được chụp bởi XRD, TEM, hoặc tương tự, nó thường được xác nhận bởi EPMA rằng Si được chứa với lượng nhỏ được nhận dạng trong cùng vị trí như pha MCSB nguyên chất.

Nhìn chung, điều đã biết là lượng Si nhỏ có hiệu quả ức chế sự phát triển của lớp hợp kim Al-Fe, và cũng có hiệu quả được xác nhận về việc nâng cao sự chống ăn mòn. Si cũng tạo nên dung dịch rắn xen kẽ ở lớp hợp kim Al-Fe. Phần mô tả chi tiết về sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại Al-Fe-Si hoặc tương tự ở lớp hợp kim Al-Fe như được nêu trên.

Si cũng tạo nên dung dịch rắn xen kẽ trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được mô tả dưới đây. Hiệu quả dung dịch rắn của Si trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al chưa được xác nhận. Lượng pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al chứa Si có xu hướng giảm đáng kể ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Để tạo nên lớp hợp kim Zn-Al-Mg tận dụng các dấu hiệu của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, tốt hơn là nồng độ Si được giảm.

Trong khi đó, Si dư khiến kết cấu dung dịch rắn của pha MCSB nguyên chất hỏng, dẫn đến sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại chẳng hạn như pha Mg_2Si ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó ít nhất một trong số Ca, Y, La, hoặc Ce được chứa, pha hợp chất liên kim loại chẳng hạn như pha Ca_2Si được tạo nên.

Ngoài ra, Si tạo nên màng oxit chứa Si mạnh trên bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Màng oxit chứa Si này có kết cấu mà trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg ít có khả năng được tách rửa, dẫn đến việc giảm khả năng chống ăn mòn thay thế. Cụ thể là, việc giảm khả năng chống ăn mòn thay thế ở giai đoạn đầu của sự ăn mòn trước khi việc hỏng rão cản màng oxit chứa Si gây ra tác động đáng kể.

Hơn nữa, điều kiện $\text{Si} < \text{Sn}$ phải được thoả mãn. Trong trường hợp trong đó điều kiện $\text{Si} < \text{Sn}$ được thoả mãn, Si được chứa trong pha MCSB nguyên chất sao cho việc giảm khả năng chống ăn mòn thay thế do Si được chứa có thể được tránh khỏi. Trong khi đó, trong trường hợp của $\text{Sn} \leq \text{Si}$, pha Mg_2Si tinh thể giống kim mà khác với pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được tạo nên với lượng lớn, mà khiến không thể duy trì kết cấu của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất. Ngoài ra, khi pha Mg_2Si thúc đẩy sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂, sự chống ăn

mòn bề mặt phẳng cũng suy giảm nhẹ. Do đó, tốt hơn là pha MCSB nguyên chất được tạo nên với lượng lớn hơn so với pha Mg_2Si ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Theo đó, nồng độ Si được thiết đặt tới ít hơn 2,5%. Nồng độ Si tốt hơn là ít hơn 0,5%, tốt hơn nữa là ít hơn 0,3%, xét về sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và sự chống ăn mòn thay thế. Cụ thể là, tốt hơn là nồng độ Si được giới hạn đến ít hơn 0,01% xét về khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế.

Trong khi đó, khi được mong muốn rằng pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si hiệu quả để nâng cao các hiệu quả ngăn ngừa nứt và sự tách lớp trong phần được xử lý, nồng độ Si tốt hơn là 0,05% hoặc nhiều hơn, tốt hơn nữa là 0,1% hoặc nhiều hơn. Điều tương tự cũng áp dụng tới nồng độ Ca. Các hiệu quả của rào cản màng oxit với sự có mặt của Si được giới hạn, mà đạt được ở giai đoạn đầu của sự ăn mòn. Khả năng chống ăn mòn thay thế có xu hướng được nâng cao dần theo thời gian.

Ở đây, Si tạo nên dung dịch rắn trong pha MCSB nguyên chất, mà là dung dịch rắn xen kẽ trong pha MCSB nguyên chất. Vì vậy, khi Si tạo nên dung dịch rắn trong pha MCSB nguyên chất, cấu trúc tinh thể của pha MCSB nguyên chất bị biến dạng, mà cho phép việc phát hiện bởi XRD hoặc tương tự. Đối với mục đích như vậy, tốt hơn là Si được chứa ở lớp mạ ở nồng độ 0,05% hoặc nhiều hơn. Khi nồng độ Si là 0,05% hoặc nhiều hơn, Si được chứa trong pha MCSB nguyên chất trở nên được bão hoà. Thậm chí khi Si được chứa trong pha MCSB nguyên chất, khả năng chống ăn mòn thay thế được đảm bảo đối với sự ăn mòn dài hạn. Cụ thể là, tốt hơn là Si được chứa trong pha MCSB nguyên chất về mặt chống ăn mòn trong phần được xử lý. Tương tự như vậy, nó cũng tốt hơn về khả năng chống ăn mòn thay thế (cụ thể là sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt).

<Cr: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Ti: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Ni: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Co: từ 0% đến ít hơn 0,25%, V: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Nb: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Cu: từ 0% đến ít hơn 0,25%, Mn: từ 0% đến ít hơn 0,25%, miễn là $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$ >

Sn trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn miễn là các hàm lượng của chúng là nhỏ. Nói cách khác, pha Mg_2Sn được thay thế (pha MCSB nguyên chất) mà 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 nên. Nồng độ của bất kỳ trong số các nguyên tố này phải thấp hơn so với nồng độ Sn. Khó xác nhận sự thay đổi rõ ràng về khả năng chống ăn mòn thay thế, mà được quan sát trong, ví dụ, pha Mg_2Sn được thay thế (pha MCSB nguyên chất) bao gồm sự thay thế của Sn bởi Ca, Y, La, Ce, Bi, hoặc In. Tuy nhiên, do Sn được thay thế như trên còn liên kết với Mg khác để tạo nên pha MCSB nguyên chất. Điều này

cho phép tổng lượng pha MCSB nguyên chất tăng. Ngoài ra, khi có thể làm tăng Mg được sử dụng cho sự hình thành của pha MCSB nguyên chất, hiệu quả chống ăn mòn thay thế được tăng nhẹ, và khả năng ăn mòn có xu hướng chuyển tới phía tương đối thấp hơn.

Lưu ý rằng lượng Sn mà có thể được thay thế được giới hạn. Trong trường hợp trong đó nồng độ của bất kỳ trong số các nguyên tố trở thành 0,25% hoặc nhiều hơn 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 được bao gồm các nguyên tố được chứa được tạo nên khác ngoài pha MCSB nguyên chất. Điều này khiến không thể đảm bảo sự hình thành đủ của pha MCSB nguyên chất. Ví dụ, pha hợp chất liên kim loại chứa chỉ một nguyên tố Mg, chẳng hạn như pha $MgCu_2$, được tạo nên, dẫn đến việc giảm khả năng chống ăn mòn thay thế. Ngoài ra, phản ứng ghép nối tiếp tục, và sự chống ăn mòn suy giảm mạnh. Khả năng xử lý cũng trở nên kém.

Do đó, các nồng độ C Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn được thiết đặt tới ít hơn 0,25% sao cho $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$ được thỏa mãn.

<Fe: từ 0% đến 5,0%>

Trong trường hợp trong đó lớp mạ được tạo nên bởi phương pháp mạ nóng chảy, Fe được chứa ở nồng độ nhất định ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe.

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

<Sr: từ 0% đến ít hơn 0,5%, Sb: từ 0% đến ít hơn 0,5%, Pb: từ 0% đến ít hơn 0,5%, B: từ 0% đến ít hơn 0,5%, miễn là $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$ >

Điều không được biết đến về việc xem Sr, Sb, Pb, và B có ảnh hưởng sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại chẳng hạn như pha MCSB nguyên chất hay không. Các lượng nhỏ của các nguyên tố này có thể tạo nên dung dịch rắn trong pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg và cũng có thể được phát hiện trong pha MCSB nguyên chất. Do đó, chúng có thể đóng vai trò là nguyên tố thay thế. Mặc dù không được quan sát cụ thể rằng các nguyên tố này gây ra các sự thay đổi về các tính chất, các nguyên tố có thể thay đổi bề ngoài của lớp mạ, nhờ vậy cho phép mẫu vảy kim loại được tạo nên trên bề mặt của lớp mạ.

Khi nồng độ của mỗi trong số các nguyên tố này là 0,5% hoặc nhiều hơn, nguyên tố không thể tạo nên dung dịch rắn trong pha Zn, mặc dù nó không ảnh

hưởng sự hình thành của pha MCSB nguyên chất. Kết quả là, các pha hợp chất liên kim loại khác nhau được tạo nên, dẫn đến sự suy giảm khả năng xử lý và sự chống ăn mòn.

Do đó, các nồng độ C Sr, Sb, Pb, và B được thiết đặt tới ít hơn 0,5%. Hơn nữa, nó cũng được yêu cầu để thỏa mãn $Sr + Sb + Pb + B < 0,5$ như chỉ số mà ngăn ngừa sự thay thế cho sự hình thành của pha MCSB nguyên chất trong khi tạo điều kiện cho sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại.

<Các tạp chất>

Các tạp chất là các thành phần mà được chứa trong các vật liệu bắt đầu hoặc được trộn ở các bước sản xuất mà không có ý định bổ sung các thành phần như vậy. Ví dụ, các lượng không đáng kể của các thành phần khác ngoài Fe tinh cở được trộn như các tạp chất ở lớp mạ do sự khuếch tán nguyên tử giữa sản phẩm thép (kim loại gốc) và bề mạ.

Tiếp theo, các pha mà cấu thành lớp hợp kim Zn-Al-Mg sẽ được mô tả.

Lớp hợp kim Zn-Al-Mg có pha Zn. Pha Zn có pha MCSB nguyên chất (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn). Nói cách khác, pha MCSB nguyên chất được chứa (được bao gồm) trong pha Zn.

Lớp hợp kim Zn-Al-Mg có thể có pha $MgZn_2$ và pha Al. Ngoài ra, mong muốn rằng lớp hợp kim Zn-Al-Mg không bao gồm kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ hoặc chỉ bao gồm lượng không đáng kể của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$.

Cụ thể là, mong muốn rằng lớp hợp kim Zn-Al-Mg có kết cấu có pha $MgZn_2$, pha Al, và pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất. Liên quan đến các lượng của các pha, mong muốn rằng tổng các lượng của pha $MgZn_2$ và pha Al vượt quá lượng pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất về mặt tỉ lệ diện tích. Ví dụ, mong muốn rằng tổng tỉ lệ diện tích của pha $MgZn_2$ và pha Al là từ 40% đến 85% (tốt hơn là từ 50% đến 75%), và tỉ lệ diện tích của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất từ 3% đến 35% (tốt hơn là từ 10% đến 30%).

Khi mỗi pha có mức chống ăn mòn cao, kết cấu nổi trội về sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được tạo nên. Mặc dù phần pha MCSB nguyên chất được tách rời một cách dễ dàng cũng từ pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất, sản phẩm ăn mòn được tạo nên có tác dụng chống gỉ, mà dẫn đến dẫn đến sự chống ăn mòn được nâng cao. Vì vậy, sự chống ăn mòn có thể so sánh hoặc vượt trội so với sự chống ăn mòn của pha Zn được thu nhận.

Trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa Ca và Si, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có thể tồn tại ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Tuy nhiên, các pha hợp chất kim loại này được phân tán mịn

đều với các lượng nhỏ ở lớp mạ, và không cấu thành pha chính của lớp hợp kim Zn-Al-Mg như với pha MCSB nguyên chất.

Giả sử rằng lượng pha Zn chiếm một nửa hoặc nhiều hơn lượng pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (cụ thể là khi bất kỳ trong số các điều kiện chẳng hạn như nồng độ Al ít hơn 20,0%, nồng độ Mg ít hơn 5,0%, và nồng độ Sn ít hơn 3,0% được đáp ứng), kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ nguyên chất có khả năng được tạo nên ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Do kết cấu eutecti ba nguyên tố này dễ bị ăn mòn do phản ứng ghép nối, sự ăn mòn có xu hướng phát triển nhanh hơn so với sự ăn mòn xảy ra ở kết cấu lớp mạ mà trong đó mỗi cấu trúc tinh thể trở thành kết cấu thô. Ngoài ra, khi MgZn₂ có khả năng xử lý kém tạo nên kết cấu eutecti ba nguyên tố và được phân tán mịn đều ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, nó có khả năng trở thành gốc của việc nứt. Cụ thể là, sự hình thành gỉ trắng có khả năng xảy ra sớm từ vô số các vết nứt đến kim loại gốc (sản phẩm thép) ở phần được xử lý hoặc tương tự. Do đó, tốt hơn là tránh khỏi sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố này càng nhiều càng tốt.

Ở đây, phần lớn các sản phẩm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời có lớp hợp kim Zn-Al-Mg mà bao gồm kết cấu eutecti ba nguyên tố (Fig.1).

Trong khi đó, điều trở nên dễ dàng là tránh khỏi sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố bằng cách: 1) giới hạn thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế ở phạm vi nhất định (cụ thể là các nồng độ C Zn, Al, và Mg) sao cho làm tăng các lượng pha của pha MgZn₂ và pha Al; 2) bao gồm các nguyên tố mà cấu thành pha MCSB nguyên chất (Sn và các nguyên tố khác); và 3) điều khiển một cách thích hợp các điều kiện sản xuất theo phương pháp mạ nóng chảy. Kết quả là, có thể xoá hoặc làm giảm kết cấu eutecti ba nguyên tố này.

Fig.2 là ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của ví dụ đại diện về lớp mạ theo sáng chế. Như được thể hiện trên Fig.2, ví dụ, pha Zn, pha Al, và pha MgZn₂ có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Ngoài ra, khi Sn hoặc tương tự được chứa, pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất. Kết quả là, sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ được giới hạn.

Được cho rằng điều này là bởi vì thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế gây ra sự hình thành của pha Zn-Al-MgZn₂ bởi phản ứng eutecti ba nguyên tố được thay đổi tới sự hình thành của pha MCSB nguyên chất theo phản ứng hóa rắn cuối cùng. Ngoài ra, do việc mất hoặc việc giảm kết cấu eutecti ba nguyên tố, khả năng xử lý đủ được truyền thậm chí tới sản phẩm thép mạ tương đối cứng mà trong đó ban đầu, lượng lớn của pha MgZn₂ được tạo nên với lượng lớn của Mg ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, mà khiến cho khó xử lý.

Tiếp theo, pha MCSB nguyên chất (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) sẽ được mô tả chi tiết.

Pha MCSB nguyên chất là pha (hạt) cứng so với pha Zn, và là pha mềm so với pha $MgZn_2$. Thông thường, pha hợp chất liên kim loại cứng có khả năng biến dạng dẻo kém. Tuy nhiên, khi nó được kết tủa mịn đều trong pha Zn, sự suy giảm khả năng biến dạng dẻo của nó được giảm đáng kể. Do đó, trong trường hợp trong đó pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn, độ cứng của pha Zn tăng trong khi khả năng xử lý không thể suy giảm.

Trong khi đó, khi pha MCSB nguyên chất tăng, lượng pha của pha $MgZn_2$ có khả năng biến dạng dẻo cực kém giảm nhẹ. Do đó, khi pha MCSB nguyên chất tăng, các hiệu quả dẫn tới việc nâng cao khả năng xử lý đạt được.

Các hiện tượng này dẫn tới lớp mạ có độ cứng cao và tính chịu mòn nổi trội, mà cũng đạt được khả năng xử lý thậm chí với độ cứng cao.

Giống như pha MCSB nguyên chất, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si cũng là các chất cứng, nhưng là các pha mềm khi được so sánh với pha $MgZn_2$. Do đó, khả năng xử lý ít có khả năng suy giảm thậm chí khi bao gồm các pha hợp chất liên kim loại này.

Ở đây, mong muốn rằng độ cứng của lớp mạ ít nhất là 150 Hv theo độ cứng Vickers trung bình. Lớp mạ có trị số độ cứng Vickers trung bình là 150 Hv hoặc cao hơn thường là lớp mạ mà cứng hơn so với các lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời và thường khó xử lý. Tuy nhiên, bằng cách điều khiển kết cấu của lớp hợp kim Zn-Al-Mg theo sáng chế, việc xử lý lớp mạ chẳng hạn như uốn V trong phạm vi các trị số R không đòi được thực hiện và khả năng xử lý tương đương với khả năng xử lý của các tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời có thể đạt được.

Bằng cách cho phép pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn, có thể điều khiển một cách thích hợp tốc độ tách rửa của lớp mạ. Khi pha MCSB nguyên chất không được đưa vào pha Zn, pha MCSB nguyên chất được định vị được tách rửa sớm, dẫn đến mất ngay các hiệu quả pha MCSB nguyên chất. Ngoài ra, do Zn không được tách rửa, sản phẩm ăn mòn thích hợp với việc chống ăn mòn không được tạo nên.

Khi pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất được tạo nên, phản ứng eutecti ba nguyên tố của pha Zn-Al- $MgZn_2$ không được sản xuất. Do đó, kết cấu eutecti ba nguyên tố và pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất không thể tồn tại đồng thời. Đã được thử nghiệm thấy rằng miễn là pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg ở phần diện tích 3% hoặc nhiều hơn, cụ thể là 5% hoặc nhiều hơn, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, nó có nghĩa là kết cấu eutecti ba nguyên tố đã mất hết. Ngoài ra, do việc mất kết cấu eutecti ba nguyên tố, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý đã được nâng cao. Hơn nữa, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng có thể có tác dụng ở mức

cao hơn so với việc mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại thậm chí với hàm lượng Mg cao, khiến có thể đảm bảo khả năng xử lý tương đương với khả năng xử lý của việc mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại.

Tuy nhiên, để duy trì sự chống ăn mòn bề mặt phẳng, cần tuân thủ nghiêm ngặt thành phần hoá học của lớp mạ được xác định rõ theo sáng chế và ức chế sự hình thành của pha hợp chất liên kim loại mà gây ra sự suy giảm nghiêm trọng của sự chống ăn mòn bề mặt phẳng khác ngoài pha MCSB nguyên chất, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si, và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si. Khi pha hợp chất liên kim loại như vậy được tạo nên, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng có thể được suy giảm thậm chí dưới sự có mặt của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất.

Việc mất kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ với sự có mặt của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất được xác nhận dựa trên phản ứng hoá rắn cuối cùng được triển khai không bởi sự hóa rắn của pha Zn-Al-MgZn₂ bởi phản ứng eutecti ba nguyên tố, nhưng bởi sự hình thành của pha MCSB nguyên chất, phù hợp với thành phần hoá học lớp mạ và phương pháp sản xuất mạ theo sáng chế như được nêu trên. Để xác nhận xem kết cấu eutecti ba nguyên tố được tạo nên ở lớp mạ hay không, tốt nhất là quan sát kết cấu mặt cắt tùy chọn của lớp mạ tùy ý nhằm quan sát kết cấu bởi SEM (ví dụ, ở điện áp gia tốc 15 kV hoặc thấp hơn, dòng sợi nung từ 2 đến 3A, dòng phát xạ từ 100 đến 200 μ A, và phóng đại khoảng 1000 lần).

Ở đây, Fig.3 thể hiện ví dụ về pha MCSB nguyên chất được bao gồm trong pha Zn. Như được thể hiện trên Fig.3, pha MCSB nguyên chất đơn tự nó là pha rất tốt, và hầu hết mọi pha MCSB nguyên chất không đạt được kích cỡ hạt 1 μ m và tồn tại nhiều trong pha Zn. Điều này là bởi vì sự giảm giới hạn độ tan rắn kèm theo sự giảm nhiệt độ của pha Zn khiến Mg, Ca, Sn, Bi, và tương tự được giải phóng trong suốt thời gian xử lý của sự hóa rắn của lớp mạ, và pha MCSB nguyên chất được tạo nên do sự liên kết của các nguyên tố này. Pha MCSB nguyên chất được kết tủa nhờ quy trình xử lý này luôn được chứa trong pha Zn. Theo phương pháp mạ nóng chảy, theo kinh nghiệm cho thấy rằng pha MCSB nguyên chất thường có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μ m và được kết tủa như các vết đốm.

Do đó, tốt hơn là pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn có kích cỡ hạt trung bình ít hơn 1 μ m. Giới hạn dưới của kích cỡ hạt trung bình pha MCSB nguyên chất không được giới hạn cụ thể, nhưng là, ví dụ, 0,05 μ m hoặc lớn hơn.

Lưu ý rằng khi pha MCSB nguyên chất chủ yếu được tạo nên và được

giữ lại trong phạm vi nhiệt độ mà cho phép sự khuếch tán nguyên tử (khoảng từ 150°C đến 350°C) trong khoảng thời gian dài, pha MCSB có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn cũng được quan sát. Tuy nhiên, vị trí của nó luôn chủ yếu trong pha Zn, chỉ chỉ báo rằng các pha MCSN nguyên chất, mà đã được phân tán mịn đều ở giai đoạn đầu, đã được phát triển và được tập hợp với nhau, và kích cỡ hạt đã tăng lên. Do đó, hầu như không có ảnh hưởng tới sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và tương tự.

Ở đây, khả năng chống ăn mòn bề mặt phẳng và chống ăn mòn thay thế trái ngược với nhau, và trong trường hợp trong đó tầm quan trọng được đặt trên cả hai tính chất, tốt hơn là pha MCSB nguyên chất có mặt. Trong khi đó, trong trường hợp trong đó lớp mạ mà tầm quan trọng được đặt trên khả năng chống ăn mòn thay thế được thiết kế, tốt hơn là cho phép một vài pha MCSB có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn để phát triển lớn ở lớp Zn-Al-Mg.

Các pha MCSB như vậy có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn tương ứng với pha MCSB cỡ lớn được mô tả dưới đây.

Khả năng ăn mòn của lớp mạ giảm mạnh khi pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất có mặt. Cụ thể là, ví dụ, khả năng ăn mòn của lớp mạ giảm từ khả năng ăn mòn đạt được bởi lớp mạ nóng chảy dựa trên Zn-Al-Mg điển hình [-1,0 đến -1,1 V (đối với điện cực tham chiếu Ag/AgCl trong 5% dung dịch nước NaCl)] tới khoảng -1,5 V ở mức thấp nhất tùy thuộc vào hàm lượng của pha MCSB nguyên chất. Phép đo điện hoá là phương tiện hiệu quả để xác nhận động thái ăn mòn ở giai đoạn rất sớm. Khi sự có mặt của pha MCSB nguyên chất gây ra sự giảm khả năng ăn mòn của lớp mạ, nguyên tố có các hiệu quả chống ăn mòn (chẳng hạn như Mg hoặc Ca) được hòa tan sớm hơn so với lớp mạ nóng chảy dựa trên Zn-Al-Mg thường, và nó bao gồm, cụ thể là, kim loại gốc (sản phẩm thép) và ức chế sự hình thành gỉ đỏ trên kim loại gốc (sản phẩm thép). Khả năng giảm cho phép nguyên tố có các hiệu quả chống ăn mòn (chẳng hạn như Mg hoặc Ca) di chuyển khoảng cách dài từ vị trí của nó. Do đó, hiệu quả chống ăn mòn trên bề mặt đầu cắt, mà đã không thể thu nhận với lớp mạ nóng chảy dựa trên Zn-Al-Mg thông thường, có thể được mong muốn.

Có thể xác nhận xem pha MCSB nguyên chất có được chứa trong pha Zn bởi sự nhiễu xạ tia X (XRD) nhờ sử dụng tia Cu-K α hay không. Thông thường, đỉnh nhiễu xạ của pha Mg₂Sn trong XRD được biểu diễn bởi, ví dụ, các thẻ JCPDS: PDF#00-007-0274, #00-006-0190, và #00-002-1087, Tuy nhiên, trong lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg, đỉnh nhiễu xạ tốt nhất để nhận dạng pha MCSB nguyên chất là đỉnh nhiễu xạ ở 22,8° mà không chồng lấn các đỉnh nhiễu xạ của pha Zn, pha MgZn₂, và pha Al. Ngoài đỉnh ở 22,8°, các đỉnh nhiễu xạ thích hợp được sử dụng để nhận dạng pha MCSB nguyên chất là các đỉnh nhiễu xạ ở 23,3° and 24,2°, mà không chồng lấn các đỉnh nhiễu xạ của các pha cấu thành

khác của lớp mạ và thuận tiện để nhận dạng pha MCSB nguyên chất.

Trong trường hợp trong đó, Bi, In, Ca, và tương tự được chứa, ngoài Sn, pha MgZn_2 (hoặc pha Mg), mà ban đầu tồn tại như pha MgZn_2 cỡ lớn trong lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời hoặc tồn tại như kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- MgZn_2 , giảm và được thay thế bởi pha MCSB nguyên chất. Ví dụ, PDF#00-034-0457 điển hình cho việc nhận dạng của pha MgZn_2 , và đỉnh nhiễu xạ mạnh nhất của nó ở $41,3^\circ$ là ký hiệu chỉ báo của độ nhiễu. Thông thường, khi độ nhiễu của pha MCSB nguyên chất tăng, cường độ đỉnh này giảm.

Cụ thể là, khi dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (pha MCSB nguyên chất) = {I (cường độ $22,8^\circ$ (cps)) + I (cường độ $23,3^\circ$ (cps)) + I (cường độ $24,2^\circ$ (cps))} / 3 $\times$ I (cường độ nền ở 20° (cps)) là 1,5 hoặc lớn hơn (tốt hơn nữa là lớn hơn 3,0), nó có thể là chỉ số cho sự có mặt đủ của pha Mg trong pha MCSB nguyên chất. Khả năng ăn mòn thấp hơn so với khả năng ăn mòn ($-1,0$ đến $-1,1$ V) được thể hiện bởi lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời được quan sát rõ hơn. Nói cách khác, nó được chỉ báo rằng có đỉnh nhiễu xạ có thể phân biệt được của pha MCSB nguyên chất đối với nền. Sự có mặt của pha MCSB nguyên chất khiến có thể xác nhận sớm việc nâng cao sự chống ăn mòn thay thế (cụ thể là, việc nâng cao sự chống ăn mòn trên bề mặt đầu cắt).

Trong những năm gần đây, có phần mềm mà có thể thực hiện, ví dụ, việc loại bỏ nền như phương pháp tính toán cường độ nền. Từ dữ liệu cường độ nhiễu xạ đỉnh nhận được, 2 θ và đồ thị cường độ (cps) được tạo ra để tạo ra đường xấp xỉ (đường thẳng) của phần bằng phẳng được xác nhận ở 15° đến 25° . Do đỉnh nhiễu xạ không xuất hiện ở 15° và 25° từ bề mặt của lớp mạ theo sáng chế, khi đơn giản lấy trị số trung bình của cường độ (cps) ở 15° và 25° , nó đưa ra cường độ nền ở 20° . Trong trường hợp trong đó có khả năng rằng một vài đỉnh nhiễu xạ có thể chồng lấn ở 15° và 25° , trung bình của các trị số ở 15° ($\pm 1^\circ$) và 25° hoặc trung bình của các trị số ở 15° và 25° ($\pm 1^\circ$) được chấp nhận.

Khi pha MCSB nguyên chất có mặt trong pha Zn, nó hấp thụ các ion chẳng hạn như Cl $^-$ và OH $^-$ cùng với sự ăn mòn trước của pha MCSB nguyên chất, dẫn đến sự ăn mòn của các vùng xung quanh. Do đó, lượng pha Zn nhất định tự nó, mà ban đầu ít hoà tan hơn khi được so sánh với Mg và Ca, được hòa tan, và Zn cũng được tách rửa cũng như Mg và Ca, mà cũng bổ sung các hiệu quả chống gỉ của Zn. Ngoài ra, ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, Sn, Bi, và tương tự, mà từ đó Mg và Ca được tách riêng, còn lại như các kim loại đơn mà không di chuyển. Điều này dẫn đến môi trường mà trong đó có tồn tại một phần phân nổi trội về mặt điện hoá trong pha Zn, và Zn xung quanh phân bị ăn mòn một cách dễ dàng. Mg và Ca ban đầu có mặt khi Mg(OH)_2 và Ca(OH)_2 trên kim loại gốc

(sản phẩm thép), và vì vậy có độ tan cao trong nước và khó duy trì ổn định trên bề mặt lớp mạ và kim loại gốc.

Tuy nhiên, khi các ion Zn được tách rửa cùng với Mg và Ca, sản phẩm ăn mòn dựa trên Zn được tạo nên trong môi trường kiềm với sự có mặt của pha $Mg(OH)_2$ và $Ca(OH)_2$. Bằng cách đưa các nguyên tố Mg và Ca vào sản phẩm ăn mòn dựa trên Zn, có thể tạo nên màng của pha hợp chất liên kim loại Zn-Mg-Ca mà bảo vệ kim loại gốc trong khoảng thời gian ngắn.

Do đó, kết cấu mà trong đó pha MCSB nguyên chất được bao gồm trong pha Zn có khả năng chống ăn mòn thay thế mức cao và hàm lượng ăn mòn của chúng tăng khi được so sánh với kết cấu mà trong đó pha MCSB nguyên chất đơn giản được bao gồm (nói cách khác, kết cấu mà trong đó pha MCSB nguyên chất được tạo nên phía ngoài của pha Zn). Tuy nhiên, khi màng chống ăn mòn cao được tạo nên ngay lập tức, sự chống ăn mòn được nâng cao hơn trong nhiều trường hợp. Bằng cách điều khiển các lượng pha của pha MCSB nguyên chất và pha Zn, các hiệu quả (phạm vi tách rửa và khoảng thời gian chống ăn mòn) có thể được điều khiển.

Cụ thể là, khi pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất có mặt với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 10% hoặc nhiều hơn) (đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg), các nguyên tố được tách rửa từ lớp mạ ở giai đoạn đầu có xu hướng được tăng để tạo nên màng chống gỉ ngay lập tức. Do đó, khả năng chống ăn mòn thay thế (cụ thể là sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt) được nâng cao thêm.

Trong khi đó, trong pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất, khi pha MCSB nguyên chất (nói cách khác, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt nhỏ hơn $1\ \mu m$) có mặt với phần diện tích (phần diện tích đối với pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất) từ 10% đến 50% (tốt hơn là từ 15% đến 35%), các nguyên tố được tách rửa từ lớp mạ ở giai đoạn đầu có xu hướng được tăng để tạo nên màng chống gỉ ngay lập tức. Theo đó, khả năng chống ăn mòn thay thế (cụ thể là sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt) được nâng cao thêm.

Do đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, phần diện tích của pha MCSB nguyên chất (nói cách khác, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt là $1\ \mu m$) đối với pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất tốt hơn là từ 10% đến 50%.

Tiếp theo, "hiệu quả chứa Ca" để nâng cao một cách hiệu quả khả năng chống ăn mòn thay thế sẽ được mô tả.

Khi Ca được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, Mg trong Mg_2Sn được thay thế một phần bởi Ca. Ví dụ, khi nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00%, sự hình thành của "pha $MgCaSn$ " hoặc tương tự mà là pha Mg_2Sn được thay thế (pha MCSB

nguyên chất) được quan sát. Khi lượng pha Mg_2Sn tăng, lượng pha Mg_2Sn mà được cho phép được thay đổi tới pha $MgCaSn$ tăng. Cấu trúc tinh thể của Mg_2Sn không được thay thế được thay đổi để biến đổi tới Mg_9Sn_5 . Khi lượng Mg_2Sn tăng, Mg_9Sn_5 cũng tăng.

Nói cách khác, khi nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00%, pha $MgCaSn$ và pha Mg_9Sn_5 được chứa trong pha Zn là pha MCSB nguyên chất.

Khi sự hình thành của pha $MgCaSn$ và sự biến đổi tới tiến trình pha Mg_9Sn_5 , khả năng chống ăn mòn thay thế của lớp mạ được nâng cao và khả năng chống ăn mòn thay thế dài hạn được nâng cao. Chỉ số để đưa tất cả Ca được chứa vào Mg_2Sn và chỉ số biến đổi tới pha Mg_9Sn_5 được yêu cầu. Đối với việc phát hiện của pha MCSB nguyên chất mà trong đó Ca được đưa vào, tốt hơn là xác nhận rằng Ca ban đầu được phát hiện ở vị trí giống với vị trí của pha Mg bởi TEM hoặc EPMA. Tuy nhiên, nó có thể được xác nhận dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ được trải qua phép đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA.

Thông thường, đỉnh nhiễu xạ XRD của pha Mg_2Sn có thể được áp dụng tới lớp mạ dựa trên Zn-Al-Mg, và các đỉnh nhiễu xạ ở $22,8^\circ$, $26,3^\circ$ và $37,6^\circ$ là các đỉnh phân biệt Mg_2Sn cụ thể mà là các đỉnh nhiễu xạ đại diện được sử dụng cho việc phát hiện. Trong khi đó, ví dụ, $MgCaSn$ được biểu diễn bởi thẻ JCPDS: # 01-072-5710, Mg_9Sn_5 được biểu diễn bởi thẻ JCPDS: # 01-073-8010, đỉnh nhiễu xạ ở $23,3^\circ$ là đỉnh nhiễu xạ được phát hiện trong hoặc Mg_2Sn , $MgCaSn$, hoặc Mg_9Sn_5 không quan tâm đến sự có mặt của Ca.

Ở đây, các đỉnh nhiễu xạ ở $22,8^\circ$ và $26,3^\circ$ trở nên nhỏ hơn khi nồng độ Ca tăng, và các đỉnh trở nên khó có thể phát hiện sau khi thay thế Ca. Xu hướng tương tự cũng được thấy đối với đỉnh nhiễu xạ ở $37,6^\circ$. Tuy nhiên, do đỉnh được bao quanh bởi các đỉnh khác biệt lớn, nó không thích hợp với việc nhận dạng.

Mức thay thế Ca, mà có nghĩa là các lượng của pha $MgCaSn$ và pha Mg_9Sn_5 được tạo nên, có thể được đo nhờ sử dụng các cường độ ở các nhiệt độ này như các chỉ số. Cụ thể là, khi công thức sau đây: cường độ cụ thể I ($MgCaSn + Mg_9Sn_5$) = {I (cường độ $22,8^\circ$ (cps)) + I (cường độ $26,3^\circ$ (cps))} / I (cường độ $23,3^\circ$ (cps)) biến dạng ít hơn 0,3 (tốt hơn là ít hơn 0,1), và I (cường độ $23,3^\circ$ (cps)) là 500 cps hoặc cao hơn, nó có nghĩa là pha Mg_2Sn (pha MCSB nguyên chất) tồn tại ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, sự thay thế Ca diễn ra ở hầu hết mọi vị trí của pha Mg trong Mg_2Sn hiện thời, và vì vậy, pha chính bao gồm pha $MgCaSn$ và pha Mg_9Sn_5 .

Trong trường hợp trong đó I (cường độ $23,3^\circ$ (cps)) ít hơn 500 cps, do lượng pha Mg_2Sn (pha MCSB nguyên chất) ban đầu tồn tại ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg không đủ, tốt hơn là cường độ cụ thể I ($MgCaSn + Mg_9Sn_5$) được thiết

đặt tới 0,3 hoặc cao hơn.

Các tính chất của pha Mg_2Sn (pha MCSB nguyên chất) bởi sự thay thế Ca được thay đổi như được mô tả dưới đây. Khi Ca được đưa vào pha Mg_2Sn sao cho pha $MgCaSn$ được tạo nên, lượng Mg được tách rửa có thể được giới hạn một cách thích hợp mà không thay đổi khả năng chống ăn mòn thay thế (khả năng ăn mòn) của pha Mg_2Sn . Kết quả là, các hiệu quả chống ăn mòn thay thế mức cao có thể nhận được trong thời gian dài hơn. Các hiệu quả giống nhau nhận được cũng cho pha Mg_9Sn_5 . Các hiệu quả này có thể được xác nhận bởi các thử nghiệm ăn mòn khác nhau và tương tự cũng như phép đo điện hoá.

Các hiệu quả bao gồm Y, Ce, La, Bi, và In khác ngoài Ca có thể được xác nhận bởi cùng phương pháp. Ngoài ra, mặc dù lượng nhỏ pha Sn kim loại có thể được phát hiện xung quanh pha $MgCaSn$ và pha Mg_9Sn_5 do các sự thay đổi về cấu trúc tinh thể, do lượng là nhỏ, các sự thay đổi về các tính chất không đáng kể và vì vậy có thể được bỏ qua.

Tiếp theo, các hiệu quả chứa Si sẽ được mô tả.

Khi Si được chứa, Si tạo nên dung dịch rắn xen kẽ trong pha MCSB nguyên chất như được nêu trên, mà khiến cấu trúc tinh thể tạo thành phức tạp hơn. Vào thời điểm đó, định hướng tinh thể ưu tiên của pha MCSB nguyên chất được thay đổi một cách dễ dàng. Do đó, ví dụ, trong trường hợp trong đó có tồn tại "pha $MgCaSn$ và pha Mg_9Sn_5 " tương ứng với pha MCSB nguyên chất, có lớp mạ đặc biệt mà có thể thu nhận hiệu quả chống ăn mòn thay thế, mặc dù các chỉ số đánh giá nêu trên không được thoả mãn.

Ví dụ, trong trường hợp trong đó Ca, Si, và Mg nồng độ cao được chứa (cụ thể là trường hợp mà trong đó nồng độ Mg từ nhiều hơn 4,0% đến ít hơn 12,5%, nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00%, và nồng độ Si từ 0,01% đến 2,5% được thoả mãn), lớp mạ ngoại lệ, mà không tương ứng với một vài trong số các chỉ số nêu trên, xuất hiện. Thậm chí ở lớp mạ như vậy, khi Ca, Si, và Mg thoả mãn các thành phần hoá học nêu trên, có thể định rõ hiệu quả cho phép pha MCSB nguyên chất chứa Si bằng cách thiết đặt chỉ số mới cho cường độ XRD nhận được.

Ở đây, cường độ cụ thể I nêu trên (pha MCSB nguyên chất) = $\{I(\text{cường độ } 22,8^\circ \text{ (cps)}) + I(\text{cường độ } 23,3^\circ \text{ (cps)}) + I(\text{cường độ } 24,2^\circ \text{ (cps)})\} / 3 \times I(\text{cường độ nền ở } 20^\circ \text{ (cps)})$ là 1,5 hoặc cao hơn, và trong số các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện ở $23,0^\circ$ đến $23,46^\circ$, đỉnh nhiễu xạ với cường độ mạnh nhất xuất hiện giữa $23,36^\circ$ và $23,46^\circ$, mà dùng làm các điều kiện tiên quyết. Thậm chí trong trường hợp trong đó cường độ cụ thể I nêu trên ($MgCaSn + Mg_9Sn_5$) không được thoả mãn, các hiệu quả chống ăn mòn thay thế mức cao có thể được xác nhận. Nói cách khác, trong trường hợp trong đó góc với cường độ mạnh nhất

(20) của đỉnh nhiễu xạ được dẫn ra từ pha MCSB nguyên chất chứa Si (đỉnh nhiễu xạ bắt nguồn từ $23,3^\circ$) xuất hiện giữa $23,36^\circ$ đến $23,46^\circ$, các hiệu quả chống ăn mòn thay thế mức cao có thể được xác nhận.

Ví dụ, trong trường hợp trong đó pha MgCaSn và pha MgCaSn , mà thường tương ứng với pha MCSB nguyên chất, không chứa Si, cường độ mạnh nhất của đỉnh nhiễu xạ bắt nguồn từ $23,3^\circ$ xuất hiện giữa $23,25^\circ$ and $23,35^\circ$. Trong khi đó, trong trường hợp trong đó pha MgCaSn và pha MgCaSn chứa Si, khi mạng tinh thể được làm bằng pha MgCaSn và pha MgCaSn bị biến dạng, cường độ mạnh nhất xuất hiện giữa $23,36^\circ$ đến $23,46^\circ$. Pha MCSB nguyên chất chứa Si này (pha MgCaSn chứa Si và pha MgCaSn chứa Si) có các hiệu quả giống như các hiệu quả của pha MgCaSn không chứa Si và pha Mg_9Sn_5 không chứa Si. Nói cách khác, tỉ lệ ăn mòn của pha MCSB nguyên chất được tối ưu hoá về khả năng chống ăn mòn thay thế dài hạn.

Si có khả năng liên kết với pha hợp chất liên kim loại Ca-Al và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al. Việc bao gồm các pha hợp chất liên kim loại được liên kết Si như vậy cho phép truyền các tính chất đặc biệt.

Cụ thể là, khi Ca và Sn lần lượt được chứa ở nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00% và nồng độ Si từ 0,01% đến 2,5%, có thể xác nhận sự hình thành của ít nhất một pha được lựa chọn từ nhóm bao gồm pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg bởi SEM hoặc tương tự.

Kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si là 1 μm hoặc lớn hơn. Kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn là kích cỡ hạt đủ để cho phép pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được nhận dạng bởi TEM. Do đó, không có ngưỡng của giới hạn dưới của kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si về mặt các tính chất đặc biệt. Trong khi đó, mặc dù giới hạn trên của kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si không được giới hạn cụ thể, nó được thiết đặt tới, ví dụ, 30 μm hoặc nhỏ hơn.

Động thái phát triển hoặc vị trí của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và động thái phát triển của pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si thay đổi theo phương pháp sản xuất hoặc thành phần hoá học của lớp mạ. Trong trường hợp trong đó việc làm nguội nhanh được thực hiện trong suốt thời gian hóa rắn của lớp mạ, nhiều pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si nguyên chất và nhiều pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si nguyên chất có các kích cỡ hạt nhỏ được tạo nên. Trong khi đó, trong trường hợp trong đó việc làm mát chậm được thực hiện, kích cỡ hạt tăng và số lượng của các pha nguyên chất hợp chất liên kim loại

giảm.

Ngoài ra, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si thường dưới dạng giống hình kim hoặc hình que trong nhiều trường hợp. Pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si dưới dạng vô định hình hoặc hình cầu trong nhiều trường hợp. Tuy nhiên, có một vài ngoại lệ, và thậm chí pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có thể trở nên vô định hình. Trong khi đó, thậm chí pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có thể dưới dạng giống hình kim hoặc hình que.

Trong trường hợp trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si dưới "dạng giống hình que hoặc hình kim," độ dài của đường dài nhất (chẳng hạn như đường chéo) được xác định là kích cỡ hạt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si. Trong trường hợp trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si dưới "dạng vô định hình hoặc hình cầu khác ngoài dạng giống hình kim hoặc hình que," đường kính đường tròn vùng tương đương được xác định là kích cỡ hạt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si.

Ở đây, Fig.8 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt ngang của một ví dụ về lớp mạ theo sáng chế, mà là mặt cắt ngang của lớp mạ mà lần lượt chứa Ca và Sn ở nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00% và nồng độ Si từ 0,01% đến 2,5% (ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt xiên của lớp mạ ở độ nghiêng 10°).

Fig.10 thể hiện ảnh phóng đại (ảnh điện tử tán xạ ngược SEM) của lớp kết cấu lớp mạ trong khung trắng trên Fig.8,

Như được thể hiện trên Fig.8 và Fig.9, khi Ca và Sn lần lượt được chứa ở nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00% và nồng độ Si từ 0,01% đến 2,5%, ví dụ, pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si dạng hạt hoặc vô định hình và pha hợp chất liên kim loại giống hình kim Ca-Al-Si có mặt ở lớp mạ.

Ngoài ra, Fig.10 thể hiện ảnh phóng đại (ảnh TEM) của vùng lân cận của giao diện giữa lớp mạ và kim loại gốc (sản phẩm thép) được thể hiện trên Fig.8,

Fig.11A thể hiện ảnh nhiễu xạ chùm điện tử của pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) trên Fig.10, và Fig.11B thể hiện phổ phân tích EDS của pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) trên Fig.10,

Fig.12A thể hiện ảnh nhiễu xạ chùm điện tử của pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) trên Fig.10, và Fig.11B thể hiện phổ phân tích EDS của pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) trên Fig.10,

Trên Fig.10, pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) được phát hiện khi chứa Mg, Al, và Si như được thể hiện trên ảnh nhiễu xạ chùm điện tử

(Fig.11A) và phổ phân tích EDS (Fig.11B) (Zn được dẫn ra từ nền, và Cu được dẫn ra từ phương pháp phân tích). Do đó, pha hợp chất liên kim loại vô định hình (13) được nhận dạng là pha hợp chất Mg-Al-Si (Pha MgAlSi là một ví dụ).

Trên Fig.10, pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) được phát hiện khi chứa Ca, Al, và Si như được thể hiện trên ảnh nhiễu xạ chùm điện tử (14A) và phổ phân tích EDS (Fig.12B) (Zn được dẫn ra từ nền, và Cu được dẫn ra từ phương pháp phân tích). Do đó, pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (14) được nhận dạng là pha hợp chất Ca-Al-Si.

Như được nêu trên, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si thường không thể phù hợp như pha hợp chất liên kim loại được khám phá trong quá khứ như được thể hiện trên Fig.11A và Fig.12A thậm chí trong trường hợp trong đó chúng được phân tích dựa trên các ảnh nhiễu xạ chùm điện tử bởi TEM hoặc tương tự. Trong khi đó, như được thể hiện trên Fig.11B và Fig.12B, khi Ca, Al, và Si hoặc Mg, Al, và Si được phát hiện đồng thời bởi phân tích EDS, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có thể được nhận dạng là pha hợp chất liên kim loại chứa các nguyên tố như vậy.

Nói cách khác, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có thể được phân biệt dựa trên ảnh nhiễu xạ chùm điện tử bởi TEM hoặc tương tự hoặc bởi phân tích EDS. Trong trường hợp trong đó Ni được chứa ở lớp mạ, ngoài Zn, các nguyên tố chẳng hạn như Zn và Ni cũng có thể được phát hiện đồng thời.

Pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được tạo nên ưu tiên khi được so sánh với pha MCSB nguyên chất, mà có thể khiến pha MCSB nguyên chất giảm, và cũng có thể khiến Ca, Y, La, hoặc Ce được giải phóng từ pha MCSB nguyên chất. Tuy nhiên, trong trường hợp trong đó nồng độ Ca đủ, ví dụ, 0,05% hoặc nhiều hơn, không có nhu cầu chú ý đặc biệt.

Pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si tương đối cứng và có độ dẻo kém. Khi các pha hợp chất liên kim loại này có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn tồn tại với các lượng lớn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, nó khiến lớp mạ bị nứt mịn trong suốt thời gian xử lý. Ví dụ, lớp mạ bị vỡ mịn bằng cách thực hiện thử nghiệm uốn T hoặc tương tự, so với trường hợp mà trong đó các pha hợp chất liên kim loại này không có mặt ở đỉnh bên ngoài (phía kéo căng) của phần được uốn được xử lý (ví dụ, Ca và Si không được chứa). Nhìn chung, khi lớp mạ dựa trên hợp kim có độ dẻo kém so với kim loại gốc (sản phẩm thép), nhiều phần để lộ của kim loại gốc (sản phẩm thép) xuất hiện theo các vết nứt ở lớp mạ.

Khi chiều rộng của vết nứt đơn lớn, lớp mạ trải qua sự chống ăn mòn thay thế quá mức. Khả năng chống ăn mòn thay thế được giảm và sự chống ăn mòn phần được xử lý suy giảm ở phần được xử lý cho đến khi phần để lộ do vết nứt gây ra của kim loại gốc được che với gỉ.

Trong khi đó, khi chiều rộng của vết nứt đơn là nhỏ (có nghĩa là lớp mạ bị nứt mịn), sự chống ăn mòn thay thế thích hợp đạt được. Do đó, khả năng chống ăn mòn thay thế thích hợp cũng đạt được ở phần được xử lý, dẫn đến sự suy giảm được giới hạn của sự chống ăn mòn phần được xử lý.

Nói cách khác, hiệu quả nâng cao sự chống ăn mòn trong suốt thời gian xử lý có thể nhận được dưới sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn.

Như được nêu trên, xét về việc nâng cao sự chống ăn mòn phần được xử lý, tốt hơn là ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Ngoài ra, xét về việc nâng cao hiệu quả sự chống ăn mòn phần được xử lý, phần diện tích (phần diện tích đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg) của mỗi trong số pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là từ nhiều hơn 0% đến ít hơn 1%. Mỗi trong số pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si không chiếm phần diện tích lớn (1% hoặc nhiều hơn) trong thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế.

Liên quan đến thử nghiệm uốn T, nhìn chung, việc xử lý còn được tăng cường trong uốn 0T (uốn hoàn chỉnh, uốn 180 độ) so với uốn 4T hoặc tương tự (không gian có độ dày bốn tám được để lại bên trong chỗ uốn), và việc suy giảm gây ra do vết nứt của sự chống ăn mòn phần được xử lý có khả năng được quan sát trong uốn 0T. Khi ít nhất một trong số pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si hoặc pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được phân tán mịn đều ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, lớp mạ bị nứt mịn trong trường hợp xử lý bất kỳ. Do đó, lớp hợp kim ít nhạy cảm hơn với độ bền của phần được xử lý.

Tiếp theo, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al sẽ được mô tả.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Ca từ 0,05% đến 3,00% (tốt hơn là từ 0,10% đến 1,00%), có đủ Ca cho Sn, chỉ báo rằng không có vị trí để thay thế Mg trong pha MCSB nguyên chất, và vì vậy, Ca có thể liên kết với Zn và Al ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Điều này là bởi vì Ca ban đầu có xu hướng liên kết với Zn

sao cho tạo nên pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn (chẳng hạn như pha CaZn_2 , pha CaZn_5 , hoặc pha CaZn_{11}). Trong trường hợp trong đó nồng độ Ca là cao, khi sự phân tách có khả năng cao xảy ra, pha hợp chất liên kim loại mà trong đó việc liên kết diễn ra không được giới hạn ở bất kỳ trong số các loại trên. Trong trường hợp của thành phần hoá học theo sáng chế, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al mà trong đó Zn trong pha kim loại Ca-Zn được thay thế bởi Al (sau đây được gọi là "pha CZA") được tạo nên.

Pha CZA ít có hiệu quả tới việc truyền khả năng chống ăn mòn thay thế. Tuy nhiên, khi pha CZA được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được nâng cao. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó pha CZA được kết tủa, độ cứng của lớp mạ tăng nhẹ bởi vì pha Al mềm giảm, dẫn đến việc nâng cao tính chịu mòn. Nhìn chung, khi sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được nâng cao, việc tách rửa của các nguyên tố cấu thành của lớp mạ có các hiệu quả chống gỉ được giảm, dẫn đến việc giảm các hiệu quả chống ăn mòn thay thế. Tuy nhiên, do pha CZA không có ảnh hưởng tới việc tách rửa của pha MCSB nguyên chất, nó không gây ra việc giảm khả năng chống ăn mòn thay thế.

Cụ thể là, khi pha CZA có kích cỡ hạt 1 μm hoặc lớn hơn có mặt trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg với phần diện tích là 5% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 10% hoặc nhiều hơn) đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, sự chống ăn mòn bề mặt phẳng được nâng cao. Ví dụ, lượng gỉ trắng được tạo nên trong thử nghiệm phun muối (salt spray test, viết tắt là SST) mà là thử nghiệm ăn mòn được gia tốc giảm.

Trong khi đó, khi phần diện tích của pha CZA có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn vượt quá 5,0%, ngược lại, sự chống ăn mòn có xu hướng giảm. Ngoài ra, do pha CZA ban đầu là pha rất cứng, độ cứng Vickers của lớp mạ tăng mạnh, và khả năng xử lý có xu hướng giảm. Theo đó, trị số giới hạn dưới của phần diện tích của pha CZA có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn tốt hơn là 5,0% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 2,0% hoặc ít hơn.

Giới hạn trên của kích cỡ hạt của pha CZA như vậy không được giới hạn, nhưng nó là, ví dụ, 10 μm hoặc nhỏ hơn.

Pha CZA thường có thể có hình dạng khác (chẳng hạn như dạng hình khối, hình kim, hình que hoặc vô định hình) ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Khi pha CZA được tạo nên thành "hình vuông, hình kim, hoặc hình que," độ dài của đường dài nhất (chẳng hạn như đường chéo) được xác định là kích cỡ hạt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al. Trong trường hợp trong đó pha CZA có "hình dạng vô định hình khác ngoài hình vuông, hình kim, hoặc hình que," đường kính đường tròn vùng tương đương được xác định là kích cỡ hạt của pha

CZA.

Tốt hơn là xác nhận sự có mặt của pha CZA bởi TEM. Ngoài ra, sự có mặt của pha CZA cũng có thể được xác nhận bằng cách xác nhận Al mà không được phát hiện ở vị trí giống với vị trí Zn của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn bởi EPMA. Hơn nữa, sự có mặt của pha CZA có thể được xác nhận bởi sự nhiễu xạ tia X (XRD) nhờ sử dụng tia Cu-K α .

Thông thường, các đỉnh nhiễu xạ của CZA trong XRD được biểu diễn bởi các thẻ JCPDS: PDF#00-028-0257 dùng cho CaZn₂ và PDF#00-010-0239 dùng cho CaZn₅. Tuy nhiên, các đỉnh phân biệt CZA được dẫn ra cũng xuất hiện ở 33,3° và 35,0°.

Ngoài ra, trong trường hợp trong đó có đủ Ca cho Sn, Mg₂Sn về cơ bản được thay đổi để có cấu trúc tinh thể của pha Mg₉Sn₅ như được nêu trên. Xét về vấn đề này, có thể chấp nhận, khi ký hiệu chỉ báo sự có mặt của pha CZA, việc phát hiện của đỉnh khác biệt bắt nguồn từ 10,4° được xác nhận chỉ với sự có mặt của pha Mg₉Sn₅.

Các cường độ của các góc này có thể được sử dụng là các chỉ số để đo mức hình thành của pha CZA đối với pha MCSB nguyên chất. Đã được tiết lộ rằng phần diện tích của pha CZA là 5% hoặc nhiều hơn khi dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ khi phép đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, trị số nhận được bởi công thức sau đây là 0,5 hoặc cao hơn: cường độ cụ thể I (CaZnAl) = {I (cường độ 10,4° (cps)) + I (cường độ 33,3° (cps)) + I (cường độ 35,0° (cps))} / I (cường độ 23,3° (cps)).

Tiếp theo, pha MCSB (pha MCSB cỡ lớn) có kích cỡ hạt là 1 μ m hoặc lớn hơn sẽ được mô tả.

Mong muốn rằng pha MCSB có kích cỡ hạt là 1 μ m hoặc lớn hơn có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Ví dụ, đối với sản phẩm thép hoặc tương tự bao gồm nhiều phần để lộ của kim loại gốc, có thể ức chế ngay sự ăn mòn từ phần để lộ của kim loại gốc (sản phẩm thép) bằng cách nâng cao khả năng chống ăn mòn thay thế khác ngoài sự chống ăn mòn bề mặt phẳng. Do đó, tốt hơn là cho phép pha MCSB tạo nên một phần khối lượng lớn khác ngoài việc cho phép toàn bộ pha MCSB được kết tủa mịn đều.

Khi pha MCSB cỡ lớn tồn tại, khả năng chống ăn mòn thay thế nổi trội hơn có thể được đảm bảo. Mặc dù giới hạn trên của kích cỡ hạt của pha MCSB cỡ lớn không được giới hạn cụ thể, nó được thiết đặt tới, ví dụ, 20 μ m hoặc nhỏ hơn.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Sn được điều khiển hoàn toàn (cụ thể là khi hàm lượng Sn từ 3,00% đến 20,00% theo khối lượng và Sn và Zn biểu

diễn các hàm lượng nguyên tố của chúng, việc điều khiển được thực hiện để thoả mãn công thức sau đây: $0,05 < \text{Sn} / \text{Zn}$, nồng độ của Sn được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg tăng tương đối. Theo đó, pha MCSB cỡ lớn được kết tủa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (xem Fig.4 và Fig.5). Fig.4 và Fig.5 thể hiện rằng pha MCSB đa giác có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn được kết tủa.

Pha MCSB cỡ lớn lớn hơn so với pha MCSB có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm , nhưng thường tồn tại trong pha Zn hoặc liền kề với pha Zn (xem Fig.4 và Fig.5). Do đó, pha MCSB cỡ lớn được cho là được tạo nên bởi sự tập hợp theo quy trình kết tủa.

Cụ thể là, để kéo dài thời gian chống gỉ của kim loại gốc (sản phẩm thép) hoặc tương tự với khả năng chống ăn mòn thay thế nổi trội hơn, tốt hơn là pha MCSB cỡ lớn có mặt trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 5% hoặc nhiều hơn) đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Lưu ý rằng mặc dù giới hạn trên của phần diện tích của pha MCSB cỡ lớn không được giới hạn cụ thể, nó được thiết đặt tới, ví dụ, 20% hoặc ít hơn.

Tiếp theo, kết cấu eutectoit (sau đây được gọi là "kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất") có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm, mà được bao gồm pha Zn và pha Al, sẽ được mô tả.

Thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế chứa các thành phần hợp kim khác nhau, dẫn đến độ cứng cao như được nêu trên. Khả năng xử lý trong phạm vi từ các trị số R không đòi có thể đảm bảo khả năng xử lý bằng Zn-Al-Mg hiện thời mà không có việc tạo hạt. Tuy nhiên, ví dụ, trong trường hợp của việc xử lý tăng cường chẳng hạn như không uốn mà lớp mạ cứng bất lợi, khả năng xử lý trở nên hơi kém.

Lưu ý rằng thậm chí trong trường hợp của thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế, có thể thu nhận lớp mạ giàu khả năng biến dạng dẻo bằng cách thay đổi dạng thức tồn tại của pha Zn và pha Al ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg bởi phương pháp sản xuất cụ thể. Nói cách khác, lớp mạ được cho phép bao gồm pha giàu khả năng xử lý.

Cụ thể là, để cho phép lớp mạ chứa pha giàu khả năng xử lý, điều mong muốn là lớp mạ có kết cấu mà trong đó pha Al thể hiện sự phát triển giống hình cây bị mất hoặc được giảm trong khi kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất được tăng (xem Fig.6 và Fig.7).

Kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất có kết cấu theo tầng (cũng được gọi là "kết cấu mê cung" hoặc "kết cấu lưới ba chiều nguyên chất") và là kết cấu eutectoit mà trong đó pha Zn và pha Al được đồng kết tủa luân phiên ở khoảng

cách theo tầng ít hơn 300 nm (xem Fig.7).

Khi kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất có mặt trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg với phần diện tích là 10% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 15% hoặc nhiều hơn) đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, lớp mạ đã nâng cao khả năng xử lý và đạt được sự chống tạo hạt, sự tách lớp, hoặc tương tự khi xử lý tăng cường chẳng hạn như uốn/không uốn.

Do đó, mong muốn rằng kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất có mặt với phần diện tích là 10% hoặc nhiều hơn (tốt hơn là 15% hoặc nhiều hơn) đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Lưu ý rằng mặc dù giới hạn trên của phần diện tích của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất không được giới hạn cụ thể, nó được thiết đặt tới, ví dụ, 25% hoặc ít hơn.

Tiếp theo, kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ sẽ được mô tả dưới đây.

Kết cấu eutecti ba nguyên tố bao gồm pha Al, pha Zn, và pha MgZn. Hình dạng của mỗi pha vô định hình bởi vì kích cỡ của nó thay đổi theo thành phần cấu tạo. Tuy nhiên, do kết cấu eutectic biến đổi ở các nhiệt độ đẳng nhiệt và sự di chuyển của các nguyên tố trong suốt thời gian hóa rắn được giới hạn, các pha riêng tạo nên hình dạng phức tạp, và thường mỗi pha được kết tủa mịn đều (xem Fig.14).

Thông thường, các pha tương ứng thường tạo nên kết cấu mà trong đó pha Zn lớn nhất và tạo nên đảo, pha MgZn là lớn thứ hai và lấp đầy chỗ trống giữa các pha Zn, và pha Al được phân tán như vết đốm trong pha MgZn₂. Pha cấu thành mà không thay đổi trong khi được kết tủa dưới dạng đảo có thể là pha MgZn₂ hoặc nó có thể là pha Al hoặc pha MgZn₂ tùy thuộc vào thành phần cấu tạo. Mỗi tương quan vị trí tùy thuộc vào thành phần thay đổi ngay trước khi hóa rắn.

Phương pháp xác định kết cấu eutecti ba nguyên tố sẽ được mô tả dưới đây.

Sự có mặt của kết cấu eutecti ba nguyên tố như vậy được bao gồm các pha nguyên chất dẫn đến việc suy giảm sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý như được nêu trên.

Do đó, phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ được thiết đặt tới từ 0% đến 5%, tốt hơn là từ 0% đến 2%. Phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố tốt nhất là 0%.

Tiếp theo, ví dụ về phương pháp sản xuất sản phẩm thép mạ theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Sản phẩm thép mạ theo sáng chế nhận được bằng cách tạo nên lớp mạ trên bề mặt (một phía hoặc cả hai phía) của vật liệu mạ gốc (chẳng hạn như tấm mạ gốc) bởi phương pháp mạ nóng chảy.

Kim loại nguyên chất hoặc hợp kim của thành phần cấu tạo cụ thể được chuẩn bị trong lò nóng chảy chân không hoặc tương tự được sử dụng cho bể mạ, được trộn lẫn theo lượng nhất định để đạt được thành phần cấu tạo đích, và được hòa tan trong không khí. Để triển khai phương pháp mạ nóng chảy, nhiệt độ thao tác trên điểm nóng chảy thường được yêu cầu.

Trong việc chuẩn bị sản phẩm thép mạ, ví dụ, sau khi cuộn bởi phương pháp Sendzimir, sản phẩm thép được giảm với hydro được ngâm trực tiếp trong bể mạ ở 800°C trong môi trường không oxy hoá. Thời gian ngâm đủ thường là nhiều nhất 0,5 giây trong khi ngâm cũng tác động đến độ dày của lớp hợp kim Al-Fe như lớp mạ. Sau khi ngâm, lượng phun dính khí N₂ được điều chỉnh.

Theo phương pháp sản xuất sản phẩm thép mạ theo sáng chế, việc điều khiển nhiệt độ cần thiết cho nhiệt độ bể mạ và quy trình hóa rắn cho việc điều khiển kết cấu.

Để cho phép pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất, cần triển khai việc điều khiển nhiệt độ cho việc điều khiển thứ tự thích hợp của pha hóa rắn, và cũng cho sự hình thành và sự biến mất của kết cấu hình nhánh cây trong pha Al, sự hình thành của kết cấu nguyên chất trong pha Zn và pha Al.

Ví dụ, khó suy ra quy trình hóa rắn bậc bốn hoặc kết cấu cao hơn bao gồm Ca và tương tự cũng như Zn, Al, Mg, và Sn dựa trên sơ đồ pha, và cần hiểu sự hóa rắn theo mỗi thí nghiệm. Điểm nóng chảy của pha MCSB nguyên chất là khoảng 775°C (điểm nóng chảy của Mg₂Sn như thành phần chính), điểm nóng chảy của Al là 660°C, điểm nóng chảy của MgZn₂ là khoảng 550°C, và điểm nóng chảy của Zn là 420°C. Ngoài ra, điểm nóng chảy của pha CZA là từ 700°C đến 750°C. Mặc dù điểm nóng chảy của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và điểm nóng chảy của pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si không thể được định rõ, mỗi điểm nóng chảy được đánh giá là khoảng 700°C đến 1000°C.

Các phương pháp với các điểm nóng chảy cao nhìn chung có xu hướng được kết tủa ở giai đoạn đầu của quy trình hóa rắn, mặc dù nó tùy thuộc vào thành phần cấu tạo. Cụ thể là, khi nồng độ Mg trong phạm vi 5% hoặc nhiều hơn và nồng độ Sn trong phạm vi 0,5% hoặc nhiều hơn, pha MCSB nguyên chất có nhiều khả năng được kết tủa hơn, và nó được kết tủa sớm hơn (ở các nhiệt độ cao) theo quy trình hóa rắn. Việc làm mát được thực hiện trong quy trình hóa rắn như vậy dẫn đến sự hình thành của pha lỏng mà trong đó pha MCSB nguyên chất không được chứa đủ trong pha Zn và phần hóa rắn cuối cùng trở thành pha lỏng chứa Zn, Al, và Mg. Cuối cùng, kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂

mà làm giảm sự chống ăn mòn bề mặt phẳng và khả năng xử lý cũng được tạo nên.

Ở đây, pha MCSB nguyên chất mà không được chứa trong pha Zn được định vị và có mặt thô trên bề mặt lớp mạ hoặc gần lớp hợp kim Al-Fe. Điều này đặc biệt có thể xảy ra khi nồng độ Sn là 3% hoặc nhiều hơn. Lý do rằng tốc độ phát triển của pha MCSB nguyên chất cực cao. Pha MCSB nguyên chất được định vị trên bề mặt lớp mạ hoặc gần lớp hợp kim Al-Fe được hòa tan một cách dễ dàng trong suốt thời gian ăn mòn. Do đó, sự tách lớp mạ và tương tự có xu hướng xảy ra trong quy trình ăn mòn, mà là tính chất mạ không mong muốn. Hơn nữa, pha Al và pha MCSB nguyên chất có thể được kết tủa đồng thời ở nồng độ Sn lên tới 3%, và các pha MCSN nguyên chất có xu hướng được bao quanh bởi pha Al. Do đó, trong trường hợp trong đó pha MCSB nguyên chất khó hòa tan ở lớp mạ hoặc trường hợp mà trong đó Sn không thể đạt được mức đủ cao của khả năng chống ăn mòn thay thế, nó có thể dẫn đến trường hợp trong đó nồng độ Sn ở lớp mạ trở nên cực thấp sao cho kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ có khả năng được tạo nên.

Nói cách khác, để cho phép pha MCSB nguyên chất hoạt động đúng, mong muốn cho phép pha MCSB nguyên chất được phân tán mịn đều trong pha Zn.

Điều đã được tiết lộ về mặt thành phần hoá học của lớp mạ theo sáng chế rằng ví dụ, khi nhiệt độ bể mạ được thiết đặt là điều kiện sản xuất mạ tới điểm nóng chảy bề mạ + 20°C, và việc làm mát chậm được thực hiện từ điểm nóng chảy bề mạ đến 150°C ở tốc độ làm mát từ 5°C đến 10°C/giây, pha MCSB nguyên chất thường được kết tủa như tinh thể ban đầu và được làm thô, mà ngăn ngừa pha MCSB nguyên chất khỏi được kết tủa trong pha Zn. Nói cách khác, như được nêu trên trong đó pha MCSB nguyên chất được định vị hoặc được bao quanh bởi pha Al có khả năng được thực hiện. Điều này có nghĩa là pha MCSB nguyên chất ít có khả năng được kết tủa trong pha Zn khi sản xuất theo các điều kiện sản xuất lớp mạ chung.

Ngoài ra, nhiệt độ bể mạ gây ra sự thay đổi nhất định ở quy trình hóa rắn lớp mạ, và nó có khả năng gây ra sự thay đổi về sự hình thành kết cấu. Tốt hơn là liên quan đến các điều kiện sản xuất lớp mạ, việc sản xuất được triển khai theo các điều kiện được đề xuất. Tuy nhiên, do kết cấu lớp mạ được tạo nên dựa trên sự kết hợp của thành phần hoá học, điểm biến đổi (nhiệt độ), và các lịch sử nhiệt độ, có thể tạo nên kết cấu giống như kết cấu được đề xuất bởi các thủ tục khác ngoài các thủ tục sản xuất được đề xuất dưới đây miễn là thành phần hoá học của lớp mạ đã được xác định.

Ngoài ra, cũng theo các điều kiện sản xuất lớp mạ tốt hơn đối với việc sản

xuất lớp mạ (ví dụ, 1) trường hợp hàn lớp mạ với đầu cuộn, 2) trường hợp làm nguội nhanh nhờ sử dụng việc làm mát sương mù ngăn ngừa các lỗi vảy kim loại trong suốt thời gian hóa rắn của lớp mạ, hoặc 3) trường hợp làm mát từ điểm nóng chảy bề mạ đến 150°C ở tốc độ làm mát $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhiều hơn sau khi xử lý lớp mạ ở nhiệt độ bề mạ (điểm nóng chảy bề mạ $+ 20^{\circ}\text{C}$)), pha Al chứa các nguyên tố hợp kim, dung dịch rắn quá bão hoà Zn của pha Al (pha Al chứa pha Zn với lượng lớn), pha MgZn_2 có khả năng biến dạng dẻo kém, và tương tự được tạo nên với các lượng lớn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và pha MCSB nguyên chất không được kết tủa trong pha Zn, tạo thành ở lớp mạ có khả năng xử lý kém. Điều này có nghĩa là mặc dù các điều kiện xử lý nhiệt độ nêu trên tương ứng với quy trình xử lý nhiệt độ mà tương đối thường được xem xét cho lớp mạ nóng chảy, pha MCSB nguyên chất không thể được kết tủa trong pha Zn thậm chí bởi quy trình xử lý nhiệt độ như vậy.

Đây là hiện tượng hoá rắn chung mà ví dụ, các nguyên tố có các điểm nóng chảy cao hơn được kết tủa sớm hơn, hoặc sự tách ra cân bằng không có đủ thời gian. Do đó, để cho phép pha MCSB nguyên chất được kết tủa trong pha Zn, cần cho phép pha Al và pha MgZn_2 được kết tủa trước, làm giảm nồng độ Al trong nóng chảy, làm tăng các nồng độ Zn, Mg, và Sn, Mg và Sn được nóng chảy trong pha Zn nóng chảy (các nguyên tố nóng chảy khác chẳng hạn như Ca, ngoài Mg và Sn, theo mục đích), và cho phép mỗi nguyên tố được giải phóng chậm cùng với việc giảm giới hạn hoà tan do nhiệt độ giảm, nhờ vậy cho phép pha MCSB nguyên chất được kết tủa trong pha Zn. Bằng cách chấp nhận quy trình hóa rắn này, có thể thay thế kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- MgZn_2 , mà ban đầu được tạo nên như phản hóa rắn cuối cùng của lớp mạ, bởi pha MCSB nguyên chất mà được tạo nên bởi phản ứng lắng đọng từ pha Zn, nhờ vậy tạo nên lớp mạ với khả năng xử lý và sự chống ăn mòn được nâng cao.

Theo một ví dụ để đạt được quy trình nêu trên, tốt hơn là thiết đặt nhiệt độ bề mạ tới nhiệt độ cao hơn so với điểm nóng chảy của bề mạ $+ 50^{\circ}\text{C}$ hoặc cao hơn, và làm mát tới chỉ dưới 400°C bởi việc làm nguội nhanh trên $25^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Cụ thể là, tốt hơn là thiết đặt nhiệt độ bề mạ tới điểm nóng chảy bề mạ là $+ 50^{\circ}\text{C}$ hoặc cao hơn và thực hiện việc làm nguội nhanh trong phạm vi nhiệt độ giữa nhiệt độ bề mạ và 375°C với tốc độ làm mát trung bình nhiều hơn $25^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ sau khi xử lý lớp mạ (sau khi đưa lên sản phẩm thép từ bề mạ). Trong trường hợp trong đó nhiệt độ bề mạ mà được thiết đặt tới điểm nóng chảy bề mạ là $+ 50^{\circ}\text{C}$ hoặc cao hơn đạt đến mức ít hơn 500°C , tốt hơn là làm tăng nhiệt độ bề mạ đến 500°C hoặc cao hơn.

Theo đó, pha Al được hoá rắn là tinh thể ban đầu, và tiếp theo, pha MgZn_2 được hoá rắn. Pha Zn ở trạng thái bán nóng chảy. Khi pha Al được kết tủa, nó giải phóng các nguyên tố khi giới hạn độ tan rắn giảm mạnh. Ở trạng thái này,

khi pha Zn ở trạng thái lỏng, nguyên tố hợp kim di chuyển vào pha Zn ở trạng thái nóng chảy. Bằng cách thực hiện trạng thái này, có thể thu nhận pha Zn chứa các nguyên tố được quá bão hoà chẳng hạn như Mg, Sn, và Ca. Tuy nhiên, trong trường hợp trong đó việc làm mát được thực hiện bởi việc làm nguội nhanh đến ít hơn 325°C , sự tách ra cân bằng của pha MCSB nguyên chất không thể đạt được, và vì vậy, pha Zn được tạo nên là dung dịch rắn được quá bão hoà. Do đó, phạm vi nhiệt độ hoá rắn làm mát chậm mà trong đó pha MCSB nguyên chất được kết tủa phải được cung cấp trong suốt thời gian xử lý. Nói cách khác, khi có thời gian nhất định, pha Zn ở trạng thái nóng chảy chứa các nguyên tố hợp kim, cụ thể là, lượng lớn của Sn được tạo nên.

Ngoài ra, khi việc làm mát được thực hiện trong phạm vi nhiệt độ giữa nhiệt độ bề mặt và 375°C ở tốc độ $25^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn, mặc dù pha MCSB nguyên chất có mặt, pha MCSB nguyên chất không thể được đưa vào pha Zn, mà có thể ngăn ngừa sự hình thành của kết cấu lớp mạ mong muốn. Hơn nữa, kết cấu eutecti ba nguyên tố có khả năng được tạo nên, và do đó, sự chống ăn mòn và khả năng chống ăn mòn thay thế, cụ thể là, khả năng chống ăn mòn thay thế dài hạn có xu hướng suy giảm.

Phạm vi nhiệt độ mà trong đó pha MCSB nguyên chất được kết tủa mạnh và mịn đều do sự tách ra cân bằng từ pha Zn là phạm vi nhiệt độ giữa 375°C và 325°C mà là nhiệt độ trong khoảng từ $350^{\circ}\text{C} \pm 25^{\circ}\text{C}$. Trong khoảng nhiệt độ này, chỉ pha Zn ở trạng thái bán nóng chảy trong kết cấu của lớp mạ, và các nguyên tố chẳng hạn như Mg, Ca, và Sn di chuyển tới pha Zn từ pha Al và pha MgZn_2 với sự giảm giới hạn độ tan rắn do hoàn thành việc hóa rắn. Ngoài ra, khi pha Zn được làm đủ mềm, các nguyên tố chẳng hạn như Mg, Ca, và Sn được chứa ở đó có thể được phân tán rộng rãi trong ranh giới hạt của pha Zn cùng với sự giảm nhiệt độ của pha Zn. Nhiệt độ cũng đủ cao đến mức cho phép các nguyên tố này được phân tán.

Do đó, việc làm mát được thực hiện trong phạm vi nhiệt độ giữa 375°C và 325°C ở tốc độ ít hơn $12,5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ (tốt hơn nữa là $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn, vẫn tốt hơn nữa là $7,5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn). Lịch sử nhiệt độ như vậy khiến có thể phân tán mịn pha MCSB nguyên chất trong pha Zn. Trong trường hợp trong đó nồng độ Sn là cao, pha MCSB nguyên chất được phân tán mịn đều có thể tập hợp một phần và trở nên thô. Khi việc làm mát được thực hiện ở tốc độ làm mát $12,5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn, pha MCSB nguyên chất không thể được tách riêng và được hoá rắn, và dung dịch rắn được quá bão hoà được tạo nên, mà có thể dẫn đến khả năng xử lý cực kém.

Trong trường hợp trong đó nồng độ Ca là cao, pha CZA được tạo nên. Tuy nhiên, pha CZA được kết tủa sớm hơn so với pha Al và pha MgZn_2 khi việc điều khiển nhiệt độ nêu trên được triển khai, và pha CZA chủ yếu được tạo nên

gần giao diện. Được cho rằng điều này là bởi vì có một vài nhân tố về lắng đọng sớm chẳng hạn như sự hình thành tinh thể cao với kim loại gốc.

Trong trường hợp trong đó Ca và Si được chứa, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được tạo nên ở lớp mạ. Các pha hợp chất liên kim loại này được tạo nên ngay sau khi hoá rắn lớp mạ. Kích cỡ tùy thuộc vào lịch sử nhiệt độ lên tới khoảng 350°C . Khi tốc độ làm mát trong suốt thời gian hoá rắn lớp mạ là cao, pha hợp chất liên kim loại có xu hướng được tập trung nhẹ gần giao diện của lớp mạ, và pha hợp chất liên kim loại với kích cỡ hạt nhỏ $1\text{ }\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn được tạo nên với lượng lớn. Trong khi đó, khi tốc độ làm mát là nhỏ khi hoá rắn lớp mạ, pha hợp chất liên kim loại có kích cỡ hạt nhiều hơn $1\text{ }\mu\text{m}$ cũng được quan sát, số lượng của pha hợp chất liên kim loại như vậy giảm, và pha hợp chất liên kim loại được phân tán qua lớp mạ. Thông thường, tốt hơn nữa là khả năng xử lý của lớp mạ mà các pha hợp chất liên kim loại được phân tán rộng rãi qua lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Do đó, tỉ lệ làm mát đến 350°C có thể được thiết đặt tới ít hơn $100^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Nói cách khác, trừ khi quy trình làm mát nước và quy trình làm mát sương mù được thực hiện ngay sau khi sự hóa rắn của lớp mạ, các pha hợp chất liên kim loại này về cơ bản có mặt và được phân tán rộng rãi ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Để cho phép lớp mạ có khả năng biến dạng dẻo nổi trội, mong muốn rằng pha Al nêu trên được tạo nên bằng cách làm nguội nhanh tới chỉ dưới 400°C mà đã phát triển dưới dạng hình nhánh cây (miễn là không có quan tâm cụ thể về pha Al dạng hình nhánh cây được tạo nên bằng cách làm mát chậm) được làm biến mất, nhờ vậy tạo nên kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất. Để nhận ra kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất như vậy, tốt hơn là giữ lại nhiệt độ trong phạm vi giữa 325°C và 250°C trong nhiều hơn 20 giây, tốt hơn là nhiều hơn 60 giây.

Nói cách khác, tốc độ làm mát trung bình trong phạm vi nhiệt độ giữa 325°C đến 250°C tốt hơn là $3,75^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc ít hơn. Khi thời gian lưu trong phạm vi nhiệt độ giữa 325°C và 250°C được kéo dài, lượng pha kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất tăng. Trong khoảng nhiệt độ này, các nguyên tố Zn được hòa tan trong pha Al được giải phóng, và sự biến đổi eutectoit được gây ra. Khi Zn được giải phóng từ pha Al, một phần của pha Al dạng hình nhánh cây bị biến dạng sao cho biến đổi tới kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất. Khi khoảng nhiệt độ này được duy trì trong 20 giây hoặc ít hơn, hàm lượng của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất có xu hướng giảm.

Lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên trên kim loại gốc (sản phẩm thép) nhanh chóng được tạo nên và được phát triển trong khoảng thời gian ít hơn 1 giây ngay sau khi ngâm lớp mạ. Tốc độ phát triển tăng khi nhiệt độ tăng, và tốc độ phát triển tăng thêm khi thời gian được yêu cầu để ngâm trong bể mạ được kéo dài. Khi nồng độ Sn đạt đến 1% hoặc nhiều hơn, tốc độ phát triển tăng thêm. Do đó,

khi nồng độ Sn cao, cần lựa chọn thời gian ngâm thích hợp theo độ dày của lớp hợp kim Al-Fe được mong muốn. Khi nhiệt độ bề mặt đạt đến nhiệt độ ít hơn 500°C, sự phát triển về cơ bản được kết thúc. Do đó, tốt hơn là làm giảm thời gian ngâm hoặc chuyển ngay tới quy trình làm mát sau khi hóa rắn.

Ngoài ra, sản phẩm thép mạ được hoá rắn một lần và được gia nhiệt lại để nóng chảy lại lớp mạ của chúng sao cho tất cả các pha cấu thành biến mất và sản phẩm thép mạ dưới dạng của pha lỏng. Theo đó, ví dụ, thậm chí sản phẩm thép mạ mà đã được xử lý một lần bằng cách làm nguội nhanh hoặc tương tự có thể được trải qua điều khiển kết cấu như được xác định rõ ở đây ở bước xử lý nhiệt thích hợp bằng cách gia nhiệt lại ở chế độ ngoại tuyến. Trong trường hợp này, tốt hơn là thiết đặt nhiệt độ để gia nhiệt lớp mạ tới ngay trên điểm nóng chảy của bề mặt, mà trong phạm vi nhiệt độ mà trong đó lớp hợp kim Al-Fe không phát triển quá.

Tiếp theo, các phương pháp khác nhau liên quan đến các đặc điểm của lớp mạ sẽ được mô tả.

Thành phần hoá học của lớp mạ được đo bởi phương pháp sau đây.

Dung dịch axit nhận được bằng cách bóc và hoà tan lớp mạ với axit chứa chất ức chế mà ức chế sự ăn mòn của kim loại gốc (sản phẩm thép). Tiếp theo, bằng cách đo dung dịch axit nhận được bởi phân tích ICP, có thể thu nhận thành phần hoá học của lớp mạ (trong trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu lớp đơn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp mà trong đó lớp mạ có thành phần hoá học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp mạ có kết cấu phân lớp của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trường hợp mà trong đó lớp mạ có thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg được kết hợp cùng nhau). Các loại axit không được giới hạn cụ thể miễn là axit có thể hoà tan lớp mạ. Thành phần hoá học được đo là thành phần hoá học trung bình.

Khi mong muốn thu nhận các thành phần hoá học tương ứng của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, đường cong hiệu chuẩn của phân tích định lượng của mỗi nguyên tố bởi GDS (glow discharge spectrophotometry - đo quang phổ phóng điện phát sáng tần số cao) nhận được. Sau đó, thành phần hoá học theo hướng độ sâu của lớp mạ đích có thể được đo. Ví dụ, nhiều đoạn hình vuông 30 mm được lấy từ mẫu của tấm thép mạ được chuẩn bị và được sử dụng là các mẫu GDS. Phún xạ agon ion được thực hiện từ lớp bề mặt của lớp mạ sao cho thu nhận biểu đồ cường độ nguyên tố theo hướng độ sâu. Hơn nữa, mẫu chuẩn của tấm kim loại nguyên chất của mỗi nguyên tố được chuẩn bị và biểu đồ cường độ nguyên tố nhận được trước. Vì vậy, có thể biến đổi nồng độ từ biểu đồ cường độ. Trong trường hợp trong đó GDS được sử dụng cho việc phân tích thành phần hoá học, tốt hơn là thiết đặt vùng phân tích tới $\phi 4$ mm hoặc nhiều

hơn, thực hiện phép đo 10 lần hoặc nhiều hơn, và chấp nhận trị số trung bình của thành phần ở mỗi vị trí.

Tốc độ phun tốt hơn là trong khoảng từ 0,04 đến 0,1 μm /giây. Trong trường hợp trong đó trị số phân tích thành phần của phân lớp hợp kim Zn-Al-Mg được chấp nhận ở mỗi điểm phân tích GDS, để loại bỏ ảnh hưởng của lớp được oxy hoá như lớp bề mặt đỉnh, tốt hơn là bỏ qua biểu đồ thành phần ở độ sâu 1 μm của lớp bề mặt và chấp nhận trị số trung bình thành phần của mỗi nồng độ nguyên tố ở độ sâu từ 1 đến 10 μm (chiều rộng 5- μm).

Trong trường hợp trong đó thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe được xác định, vị trí trong đó cường độ nguyên tố Fe là 95% hoặc nhiều hơn của toàn bộ phân tích nguyên tố được gán là vị trí của giao diện giữa kim loại gốc (sản phẩm thép) và lớp mạ (lớp hợp kim Al-Fe), và phía bề mặt lớp mạ từ vị trí giao diện được gán là lớp hợp kim Al-Fe. Ngoài phần trên, trị số thành phần trung bình ở mỗi nồng độ nguyên tố với độ rộng tương ứng với độ rộng độ dày là từ lớp hợp kim Al-Fe được chấp nhận dựa trên việc khớp với độ dày của lớp hợp kim Al-Fe nhận được bởi sự quan sát SEM hoặc tương tự.

Cũng có thể thu nhận một cách dễ dàng các thành phần hoá học riêng của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg từ các trị số phân tích định lượng nhờ sử dụng EPMA.

Phương pháp nhận dạng mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mỗi pha không bao gồm kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂) như sau.

Để quan sát kết cấu của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, có thể đo độ dày của lớp hợp kim Al-Fe và độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg bằng cách đánh bóng mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và quan sát kết cấu sau khi khắc nital. Có thể quan sát kết cấu của lớp hợp kim Zn-Al-Mg chính xác hơn bằng cách xử lý CP. Tốt hơn là sử dụng FE-SEM để quan sát lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mỗi pha không bao gồm kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂) được đo bởi phương pháp sau đây.

Để đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, FE-SEM và TEM được trang bị với EDS (thiết bị phổ quang tia X phân tán năng lượng) được sử dụng. Hệ thống EPMA có thể được sử dụng để nhận dạng mỗi pha.

Sự lựa chọn tùy chọn (phần được cắt theo hướng độ dày) của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đo được xử lý nhờ sử dụng CP (CROSS SECTION POLISHER – Máy đánh bóng phần cắt ngang). Sau khi xử lý bởi CP, ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của phần lớp hợp kim Zn-Al-Mg nhận được ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định là ảnh (về độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong

$\mu\text{m} \times$ khoảng $150 \mu\text{m}$) nhận được khi quan sát ba hoặc nhiều hơn vùng để đo vùng khi phóng đại 1000 lần trong vùng hình vuông tùy chọn có kích cỡ khoảng $100 \mu\text{m}$ hoặc lớn hơn (hướng độ dày: trường được lựa chọn của ảnh mà trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg khớp) $\times 2000 \mu\text{m}$ (theo hướng song song với bề mặt của sản phẩm thép).

Tiếp theo, sự lựa chọn tùy chọn (phần được cắt theo hướng độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg) của cùng lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đo được xử lý bởi FIB (focused ion beam - Chùm ion hội tụ). Sau khi xử lý FIB, ảnh nhiễu xạ điện tử của kết cấu mặt cắt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg nhận được bởi TEM (transmission electron microscope - Kính hiển vi điện tử truyền qua). Sau đó, các kim loại hoặc các hợp chất liên kim loại được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nhận dạng.

Tiếp theo, ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được so sánh với các kết quả nhận dạng của ảnh nhiễu xạ điện tử TEM, và mỗi pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nhận dạng dựa trên ảnh điện tử tán xạ ngược SEM. Trong việc nhận dạng mỗi pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, được đề xuất rằng phân tích điểm EDS được thực hiện để so sánh các kết quả của phân tích điểm EDS với các kết quả nhận dạng của ảnh nhiễu xạ điện tử TEM.

Tiếp theo, trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM, ba trị số về độ sáng, màu sắc, và độ tương phản của thước xám được chỉ báo bởi mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định. Ba trị số về độ sáng, màu sắc, và độ tương phản được chỉ báo bởi mỗi pha phản ánh số lượng nguyên tử của nguyên tố được chứa trong mỗi pha. Do đó, nhìn chung, pha có các hàm lượng Al và Mg lớn với các số lượng 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 khớp nối EDS nêu trên, việc xử lý ảnh máy tính mà thay đổi màu sắc chỉ trong khoảng từ ba trị số nêu trên được chỉ báo bởi mỗi pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được thực hiện sao cho đạt được tính nhất quán với ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (ví dụ, vùng (số lượng các điểm ảnh) của mỗi pha trong trường nhìn được tính toán bằng cách hiển thị chỉ pha cụ thể là ảnh trắng). Bằng cách thực hiện việc xử lý ảnh này cho mỗi pha, phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định.

Phần diện tích của mỗi pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định là trị số trung bình của phần diện tích của mỗi pha nhận được bởi thao tác nêu trên trong ít nhất ba trường của ảnh về mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần nhận được bằng cách cắt theo hướng độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg).

Phần diện tích của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất được xác định là phần diện tích của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất, mà là pha Zn mà trong đó pha MCSB nguyên chất đã được xác nhận trong vùng pha Zn kín.

Ngoài ra, "các phần diện tích của pha Zn, pha $MgZn_2$, và pha Al" là các phần diện tích khác ngoài các phần diện tích của "pha Al và pha Zn" có mặt ở kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất và "pha $MgZn_2$, pha Al, và pha Zn" có mặt ở kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$.

Ở đây, như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.4, mọi ảnh SEM của mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được chụp như ảnh điện tử phản chiếu. Thông thường, các pha cấu thành lớp hợp kim Zn-Al-Mg (chẳng hạn như pha Al, pha $MgZn_2$, và pha Zn) có thể sẵn sàng được phân biệt bởi vì các số lượng nguyên tử của chúng rõ ràng khác nhau.

Pha MCSB nguyên chất và pha MCSB cỡ lớn được chứa trong pha Zn cũng có thể được phân biệt một cách dễ dàng bởi vì, khi được so sánh với pha Zn, Mg và Sn có số lượng nguyên tử nhỏ được liên kết với nhau, và vì vậy, chúng có thể được xác nhận với độ tương phản tối hơn so với pha Zn.

Các pha hợp chất liên kim loại khác (chẳng hạn như pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si, pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si, và pha CAZ) có thể thể hiện độ tương phản giống như độ tương phản của pha $MgZn_2$. Tuy nhiên, các pha này có thể được phân biệt tương đối dễ dàng bởi vì các hình dạng duy nhất của chúng.

Đối với phần diện tích của mỗi pha, pha mà nằm trong khoảng kích cỡ hạt quan tâm được lựa chọn, và phần diện tích của chúng được xác định.

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

Mỗi trong số pha Al, pha $MgZn_2$, pha Zn, và pha CZA thường được quan sát có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn và được nhận dạng một cách dễ dàng nhờ sử dụng EDS. Pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si cũng thay đổi về hình dạng. Tuy nhiên, thông thường, mỗi trong số chúng thường được quan sát theo kích cỡ là 1 μm hoặc lớn hơn, và được nhận dạng một cách dễ dàng nhờ sử dụng EDS.

Ở đây, đối với tỉ lệ diện tích của pha MCSB nguyên chất có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm trong pha Zn (nói cách khác, phần diện tích của pha MCSB nguyên chất có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm đối với pha Zn chứa pha MCSB nguyên chất), sự phóng đại trường của ảnh được sử dụng ở đây là 10000 lần bởi vì pha MCSB nguyên chất được kết tủa mịn đều bằng cách được phân phối

trong pha Zn. Khi quan sát pha Zn trong trường của ảnh với sự phóng đại khoảng 10000 lần, có thể xác nhận một cách dễ dàng pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn và ngoài ra kích cỡ hạt của chúng.

Phần diện tích của pha MCSB nguyên chất được xác định trong trường của ảnh $3\text{ }\mu\text{m} \times 3\text{ }\mu\text{m}$ (phóng đại 10000 lần) bao gồm pha Zn. Thao tác giống nhau được thực hiện trong 20 trường của ảnh hoặc nhiều hơn. Trị số trung bình nhận được của các phần diện tích được xác định là phần diện tích của pha MCSB nguyên chất trong pha Zn.

Kích cỡ hạt trung bình pha MCSB nguyên chất trong pha Zn được đo bởi phương pháp sau đây.

Khi quan sát SEM để đo phần diện tích của pha MCSB nguyên chất nêu trên, trong số các pha MCSN nguyên chất được nhận biết, các pha MCSN nguyên chất có 5 kích cỡ hạt đỉnh ít hơn $1\text{ }\mu\text{m}$ được lựa chọn. Thao tác này được thực hiện cho 5 trường của ảnh. Tổng cộng trung bình số học của 25 kích cỡ hạt được xác định là kích cỡ hạt trung bình pha MCSB nguyên chất có kích cỡ hạt nhỏ hơn $1\text{ }\mu\text{m}$.

Nói cách khác, kích cỡ hạt trung bình của pha MCSB nguyên chất có nghĩa là kích cỡ hạt trung bình cho pha có kích cỡ hạt nhỏ hơn $1\text{ }\mu\text{m}$ thậm chí trong trường hợp trong đó pha MCSB cỡ lớn (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn cỡ lớn) có kích cỡ hạt là $1\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn được bao gồm ở đó.

Kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si được đo bởi phương pháp sau đây.

Khi quan sát SEM để đo phần diện tích của mỗi pha nêu trên, trong số các pha hợp chất được xác nhận, các pha hợp chất có 5 kích cỡ hạt đỉnh được lựa chọn. Thao tác này được thực hiện cho 5 trường của ảnh. Tổng cộng trung bình số học của 25 kích cỡ hạt được xác định là kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al hoặc kích cỡ hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si.

Kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất (kết cấu eutectoit có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm được bao gồm pha Zn và pha Al) được nhận dạng và phần diện tích của chúng được xác định bởi phương pháp sau đây.

Kết cấu mà trong đó hai pha, pha Al và pha Zn, được đồng kết tủa được nhận dạng dựa trên ảnh điện tử tán xạ ngược SEM bởi phương pháp giống như đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (xem Fig.6 và Fig.7). Một phần của kết cấu được quan sát trong trường hình chữ nhật của ảnh có kích cỡ là $3\text{ }\mu\text{m} \times 4\text{ }\mu\text{m}$ (đường chéo $5\text{-}\mu\text{m}$) khi phóng đại 30000 lần (xem Fig.13).

Tại thời điểm này, khi hai đường chéo được vẽ trong trường hình chữ nhật của ảnh, kết cấu được quan sát được xác định là kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất trong trường hợp trong đó mỗi đường chéo đi qua pha Zn và pha Al 10 lần hoặc nhiều hơn, và trị số trung bình của khoảng cách từ trung tâm tới trung tâm giữa hai pha Zn liên kề qua pha Al, mà là độ dài đường chéo, ít hơn 300 nm.

Tiếp theo, thao tác nêu trên được thực hiện lặp lại trên ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (ảnh có kích cỡ là độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg $\times$ khoảng 150 μm được quan sát khi phóng đại 1000 lần) giống như được sử dụng cho phép đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg để xác nhận tính liên tục của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất và hiệu đường viền của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất (vùng). Tiếp theo, phần diện tích của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM nhận được được xác định.

Phần diện tích của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất được xác định là phần diện tích trung bình của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất nhận được bởi thao tác nêu trên trong ít nhất ba trường của ảnh về mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần nhận được bằng cách cắt theo hướng độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg).

Kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nhận dạng và phần diện tích của chúng được đo bởi các phương pháp sau đây.

Kết cấu mà trong đó ba pha, pha Al, pha Zn, và pha MgZn₂, được đồng kết tủa được nhận dạng dựa trên ảnh điện tử tán xạ ngược SEM bởi phương pháp giống như đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Một phần của kết cấu được quan sát trong trường hình chữ nhật của ảnh có kích cỡ là 3 $\mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ (đường chéo 5- μm) khi phóng đại 30000 lần (xem Fig.14). Tại thời điểm này, khi hai đường chéo được vẽ trong trường hình chữ nhật của ảnh, kết cấu được xác định là kết cấu eutecti ba nguyên tố trong trường hợp trong đó mỗi đường chéo đi qua pha Zn 5 lần hoặc nhiều hơn và pha MgZn₂ hoặc pha Al kéo dài xung quanh pha Zn 5 lần hoặc nhiều hơn. Việc xác định này dựa trên rằng kết cấu là "kết cấu mà trong đó ba pha đều được phân tán mịn đều" cụ thể tới kết cấu eutecti ba nguyên tố.

Lưu ý rằng kết cấu được xác định tới kết cấu eutecti ba nguyên tố trong trường hợp trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố được định vị, trường hợp mà trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố không thể có vùng 3 $\mu\text{m} \times 4 \mu\text{m}$ bởi vì thành phần cấu tạo mà không thể tạo nên kết cấu eutecti ba nguyên tố, hoặc trường hợp mà trong đó kết cấu được chia thành các lưới hình vuông 1- μm , và mỗi lưới chứa ít nhất một trong số mỗi pha.

Tiếp theo, thao tác nêu trên được thực hiện lặp lại trên ảnh điện tử tán xạ ngược SEM (ảnh có kích cỡ là độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg $\times$ khoảng 150 μm được quan sát khi phóng đại 1000 lần) giống như được sử dụng cho phép đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg để xác nhận tính liên tục của kết cấu eutecti ba nguyên tố và hiểu đường viền của kết cấu eutecti ba nguyên tố (vùng). Phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được xác định.

Phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố được xác định là phần diện tích trung bình của kết cấu eutecti ba nguyên tố nhận được bởi thao tác nêu trên trong ít nhất ba trường của ảnh về mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần nhận được bằng cách cắt theo hướng độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg).

Tiếp theo, các điều kiện đo sự nhiễu xạ tia X (X-ray diffraction, viết tắt là XRD) sẽ được mô tả.

Liên quan đến cường độ nhiễu xạ tia X, Cu, Co, và tương tự có thể được sử dụng cho nguồn phát xạ. Tuy nhiên, cuối cùng nó được yêu cầu để tính toán và thay đổi góc nhiễu xạ theo nguồn phát xạ Cu. Tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA được thiết đặt. Góc đo tốt hơn là từ 5° đến 90° , và bước tốt hơn là khoảng $0,01^\circ$. Để đạt được cường độ (cps) ở góc nhiễu xạ cụ thể, trị số trung bình khoảng $\pm 0,05^\circ$ nhận được. Nói cách khác, đối với cường độ $23,3^\circ$, trị số trung bình từ $22,25^\circ$ đến $22,35^\circ$ nhận được. Cần thu nhận mỗi chỉ số cường độ bằng cách không thực hiện các biện pháp chẳng hạn như loại bỏ nền để làm rõ đỉnh trước khi tính toán cường độ trị số trung bình.

Dưới đây, phương pháp xử lý sau mà có thể được áp dụng tới tấm thép mạ theo sáng chế sẽ được mô tả.

Màng có thể được tạo nên trên lớp mạ của tấm thép mạ theo sáng chế. Mànng có một hoặc nhiều lớp có thể được tạo nên. Các ví dụ về mànng được tạo nên ngay trên lớp mạ bao gồm, ví dụ, mànng cromat, mànng phosphat, và mànng không có cromat. Việc xử lý cromat, xử lý phosphat, và xử lý không có cromat để tạo nên các mànng này có thể được triển khai bởi các phương pháp đã biết.

Các ví dụ về việc xử lý phosphat bao gồm xử lý phosphat điện phân để tạo nên mànng cromat bởi phương pháp điện phân, xử lý phosphat phản ứng để tạo nên mànng nhờ sử dụng phản ứng với vật liệu và sau đó lau sạch dung dịch xử lý dư, và xử lý phosphat loại mạ để áp dụng dung dịch xử lý tới đối tượng được mạ và làm khô dung dịch để tạo nên mànng mà không rửa với nước. Bất kỳ trong số các phương pháp xử lý có thể được chấp nhận.

Ví dụ về việc xử lý phosphat điện phân nhờ sử dụng axit cromat, silic oxit sol, nhựa (chẳng hạn như axit phosphoric, nhựa acrylic, nhựa vinyl este, nhũ

trương vinyl axetat acrylic, mủ cao su styren butađin được cacbonxylat hóa, hoặc nhựa epoxy điều chỉnh diisopropanolamin), và silic oxit cứng.

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

Xử lý không có cromat đặc biệt thích hợp bởi vì nó không có gánh nặng môi trường. Các ví dụ về việc xử lý không có phosphat bao gồm xử lý không có cromat điện phân để tạo nên màng không có cromat bởi phương pháp điện phân, xử lý không có cromat phản ứng để tạo nên màng nhờ sử dụng phản ứng với vật liệu và sau đó lau sạch dung dịch xử lý dư, và xử lý không có cromat loại mạ để áp dụng dung dịch xử lý tới đối tượng được mạ và làm khô dung dịch để tạo nên màng mà không rửa với nước. Bất kỳ trong số các phương pháp xử lý có thể được chấp nhận.

Ngoài ra, một hoặc nhiều lớp của màng nhựa hữu cơ có thể được bố trí trên màng ngay trên lớp mạ. Nhựa hữu cơ không được giới hạn ở loại cụ thể, và các ví dụ của chúng bao gồm, ví dụ, nhựa polyeste, nhựa polyuretan, nhựa epoxy, nhựa acrylic, nhựa polyolefin, và các sản phẩm được biến tính của các nhựa này. Ở đây, thuật ngữ "sản phẩm được biến tính" đề cập tới nhựa nhận được bằng cách phản ứng nhóm chức năng phản ứng được chứa trong kết cấu của bất kỳ trong số các nhựa này với hợp chất khác (chẳng hạn như đơn phân hoặc chất liên kết ngang) chứa nhóm chức năng có khả năng phản ứng với nhóm chức năng.

Với 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 nhận được bằng cách làm biến tính ít nhất một nhựa hữu cơ khác với sự có mặt của ít nhất một nhựa hữu cơ có thể được trộn và được sử dụng kết hợp. Ngoài ra, màng nhựa hữu cơ có thể một cách tùy chọn chứa chất nhuộm màu và/hoặc chất nhuộm chống gỉ. Cũng có thể sử dụng nhựa hữu cơ dựa trên nước nhận được bằng cách hoà tan hoặc phân tán nhựa trong nước.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả. Tuy nhiên, các điều kiện trong các ví dụ được chấp nhận trong các ví dụ điều kiện để xác nhận tính khả thi và các hiệu quả của sáng chế, và sáng chế không giới hạn ở các ví dụ điều kiện. Sáng chế có thể chấp nhận các điều kiện khác nhau miễn là mục đích của sáng chế đạt được mà không trệch khỏi phạm vi của sáng chế.

(Ví dụ A)

Để nhận được các lớp mạ có các thành phần hoá học được thể hiện trên các bảng từ 1-1 đến 1-8, lượng phôi kim loại nguyên chất nhất định đã được sử

dụng và được nóng chảy trong lò nóng chảy chân không, được theo sau bởi việc lên khuôn ban đầu của bề mặt trong không khí. Đối với việc chuẩn bị các tấm thép mạ, hệ thống mạ nóng chảy hàng loạt đã được sử dụng.

Số 119 là tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại được chuẩn bị như vật liệu so sánh. Tấm cacbon được cuộn nóng chung 2,3 mm (Nồng độ C < 0,1%) đã được sử dụng cho tấm mạ gốc, và việc tẩy nhòn và ngâm đã được thực hiện ngay trước bước mạ.

Trong việc chuẩn bị mẫu bất kỳ, cùng phương pháp xử lý giảm đã được áp dụng tới tấm mạ gốc cho đến khi ngâm trong bể mạ. Nói cách khác, tấm mạ gốc đã được làm nóng từ nhiệt độ phòng đến 800°C bằng cách làm nóng bằng điện trong môi trường N₂-H₂(5%) (điểm sương -40°C hoặc ít hơn, nồng độ oxy ít hơn 25 ppm), được giữ lại khoảng 60 giây, được làm mát tới nhiệt độ bể mạ + 10°C bằng cách phun khí N₂, và được ngâm ngay trong bể mạ. Thời gian ngâm bể mạ cho mỗi tấm thép mạ đã được thiết đặt tới 1 giây. Áp suất quét khí N₂ đã được điều chỉnh để chuẩn bị tấm thép mạ sao cho độ dày lớp mạ đã được thiết đặt tới 30 µm (± 1 µm).

Bước mạ đã được triển khai theo năm cách khác nhau được mô tả dưới đây.

Phương pháp sản xuất A: Nhiệt độ bể mạ đã được thiết đặt tới điểm nóng chảy của bể mạ + 20°C. Thời gian ngâm bể mạ đã được thiết đặt tới 1 giây. Lớp mạ đã nhận được theo quy trình làm mát mà trong đó sau khi đưa lên tấm mạ gốc từ bể mạ, tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ bể mạ đến 375°C đã được thiết đặt tới 20(±5)°C/giây, tốc độ làm mát trung bình từ 375°C đến 325°C đã được thiết đặt tới 15(±2,5)°C/giây, tốc độ làm mát trung bình từ 325°C đến 250°C đã được thiết đặt tới 12,5(±2,5)°C/giây, và tốc độ làm mát trung bình từ 250°C đến 100°C đã được thiết đặt tới từ 5°C đến 12°C/giây.

Phương pháp sản xuất B: Nhiệt độ bể mạ đã được thiết đặt tới điểm nóng chảy bể mạ + 50°C (lưu ý rằng trong trường hợp trong đó nhiệt độ ít hơn 500°C, nó đã được thiết đặt tới 500°C). Thời gian ngâm bể mạ đã được thiết đặt tới 1 giây. Lớp mạ đã nhận được theo quy trình làm mát mà trong đó sau khi đưa lên tấm mạ gốc từ bể mạ, tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ bể mạ đến 375°C đã được thiết đặt tới 20(±5)°C/giây, tốc độ làm mát trung bình từ 375°C đến 325°C đã được thiết đặt tới 10(±2,5)°C/giây, tốc độ làm mát trung bình từ 325°C đến 250°C đã được thiết đặt tới 5(±1,25)°C/giây, và tốc độ làm mát trung bình từ 250°C đến 100°C đã được thiết đặt tới từ 5°C đến 12°C/giây.

Phương pháp sản xuất C: Nhiệt độ bể mạ đã được thiết đặt tới điểm nóng chảy bể mạ + 50°C (lưu ý rằng trong trường hợp trong đó nhiệt độ ít hơn 500°C, nó đã được thiết đặt tới 500°C). Thời gian ngâm bể mạ đã được thiết đặt tới 1

giây. Lớp mạ đã nhận được theo quy trình làm mát mà trong đó sau khi đưa lên tấm mạ gốc từ bể mạ, việc làm mát đã được thực hiện với tốc độ làm mát trung bình $30(\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ từ nhiệt độ bể mạ đến 375°C , và sau đó việc làm mát bằng cách làm mát sương mù đã được thực hiện ngay với tốc độ làm mát trung bình từ $12,5^{\circ}\text{C}$ đến $1000^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc nhiều hơn từ 375°C đến 25°C .

Phương pháp sản xuất D: Nhiệt độ bể mạ đã được thiết đặt tới điểm nóng chảy bể mạ $+ 50^{\circ}\text{C}$ (lưu ý rằng trong trường hợp trong đó nhiệt độ ít hơn 500°C , nó đã được thiết đặt tới 500°C). Thời gian ngâm bể mạ đã được thiết đặt tới 1 giây. Lớp mạ đã nhận được theo quy trình làm mát mà trong đó sau khi đưa lên tấm mạ gốc từ bể mạ, tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ bể mạ đến 375°C đã được thiết đặt tới $30(\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốc độ làm mát trung bình từ 375°C đến 325°C đã được thiết đặt tới $10(\pm 2,5)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốc độ làm mát trung bình từ 325°C đến 250°C đã được thiết đặt tới $5(\pm 1,25)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốc độ làm mát trung bình từ 250°C đến 100°C đã được thiết đặt tới từ 5°C đến $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Phương pháp sản xuất E: Nhiệt độ bể mạ đã được thiết đặt tới điểm nóng chảy bể mạ $+ 50^{\circ}\text{C}$ (lưu ý rằng trong trường hợp trong đó nhiệt độ ít hơn 500°C , nó đã được thiết đặt tới 500°C). Thời gian ngâm bể mạ đã được thiết đặt tới 1 giây. Lớp mạ đã nhận được theo quy trình làm mát mà trong đó sau khi đưa lên tấm mạ gốc từ bể mạ, tốc độ làm mát trung bình từ nhiệt độ bể mạ đến 375°C đã được thiết đặt tới $30(\pm 5)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốc độ làm mát trung bình từ 375°C đến 325°C đã được thiết đặt tới $10(\pm 2,5)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tốc độ làm mát trung bình từ 325°C đến 250°C đã được thiết đặt tới $2,5(\pm 1,25)^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, và tốc độ làm mát trung bình từ 250°C đến 100°C đã được thiết đặt tới từ 5°C đến $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

-Phân tích sự nhiễu xạ tia X-

Hình vuông 20×20 mm đã được cắt ra từ mỗi tấm thép mạ tạo thành, và ảnh nhiễu xạ tia X từ bề mặt của lớp mạ đã nhận được. Các điều kiện đo được bao gồm việc sử dụng của máy đo nhiễu xạ tia X (RINT 1500) và máy đo góc rộng RINT 1000 được sản xuất bởi tập đoàn Rigaku với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, tốc độ quét $2^{\circ}/\text{phút}$, và bước $0,01^{\circ}$ trong phạm vi quét từ 5° đến 90° . Khe liên quan đã được thiết đặt tới 1° , và khe nhận ánh sáng đã được thiết đặt tới 1° , 0,15 mm. Cường độ cụ thể I (pha MCSB nguyên chất), cường độ cụ thể I (MgCaSn + Mg_9Sn_5), và cường độ cụ thể I (CaZnAl) (được ghi là I (MCSB), I (MgCaSn), và I (CaZnAl lần lượt trên các bảng) đã được tính toán.

Ngoài ra, đối với I (MgCaSn) trên bảng 1, khi lượng pha MCSB nhỏ và trị số bằng số có thể không được tính toán, nó đã được ghi là "-." I (cường độ $23,3^{\circ}$ (cps)) cũng được thể hiện trên cột "I ($23,3^{\circ}$)" trên bảng 1,

Hình vuông 20×20 mm đã được cắt ra từ tấm thép mạ tạo thành, và vị trí của đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất khoảng giữa $23,00^{\circ}$ và $23,46^{\circ}$ đã được

xác định dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X từ bề mặt lớp mạ. Trong trường hợp trong đó đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất được xuất hiện trong phạm vi giữa $23,36^\circ$ và $23,46^\circ$, nó đã được ghi là "OK," và trong trường hợp trong đó đỉnh nhiễu xạ như vậy đã không nhận được, nó đã được ghi là "NG."

-Phép đo phần diện tích của mỗi pha-

Đoạn mẫu có mặt cắt ngang của lớp mạ (phần cắt dọc theo hướng độ dày của lớp mạ) đã được cắt ra từ mỗi tấm thép mạ nhận được. Các phần diện tích của các pha sau đây có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg đã được đo theo phương pháp nêu trên.

- Phần diện tích của pha Zn bao gồm pha MCSB nguyên chất (được ghi là "Zn + MCSB" trên các bảng)
- Phần diện tích của pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn (được ghi là "MCSB/Zn" trên các bảng)
- Phần diện tích của kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất (được ghi là "Kết cấu ZnAl nguyên chất" trên các bảng)
- Phần diện tích của pha Al
- Phần diện tích của pha $MgZn_2$
- Phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ (được ghi là "kết cấu eutecti ba nguyên tố" trên các bảng)

-Phép đo kích cỡ hạt trung bình của pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn-

Đoạn mẫu có mặt cắt ngang của lớp mạ (phần cắt dọc theo hướng độ dày của lớp mạ) đã được cắt ra từ mỗi tấm thép mạ nhận được. Kích cỡ hạt trung bình của pha MCSB nguyên chất được chứa trong pha Zn đã được xác định theo phương pháp nêu trên. Kích cỡ hạt trung bình của pha MCSB nguyên chất được thể hiện trên cột "Dc của MCSC/Zn" cho phần diện tích.

-Sự chống ăn mòn bề mặt phẳng-

Để so sánh sự chống ăn mòn bề mặt phẳng, mỗi mẫu sản xuất đã được trải qua 60 chu kỳ thử nghiệm ăn mòn gia tăng (JASO M609-91) để loại bỏ gỉ trắng, và sự chống ăn mòn bề mặt phẳng đã được đánh giá dựa trên việc giảm độ dày do sự ăn mòn. Tiêu chuẩn đạt đã được xác định dựa trên tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại (vật liệu so sánh số 119), và việc giảm độ dày ít hơn $10\text{ }\mu\text{m}$, mà nhỏ hơn so với lượng ăn mòn của tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg, đã được đánh giá là "A," và việc giảm độ dày $10\text{ }\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn đã được đánh giá là "B."

-Sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt-

Để so sánh sự chống ăn mòn bề mặt đầu cắt, vật liệu dày 2,3 mm (25 μ m) đã được cắt rời thành hình vuông 30 mm và được đặt ở nhiệt độ không đổi và buồng ẩm (được đặt phẳng, theo chiều ngang (0°)). Chu kỳ như sau: (50°C, 99%, 24 giờ) $\rightarrow$ chuyển tiếp trong 6 giờ $\rightarrow$ (50°C, 35%, 66 giờ). Thử nghiệm bề ngoài đã được thực hiện sau một chu kỳ, phần diện tích gỉ đỏ trung bình của bề mặt đầu cắt của tấm thép mạ đã nhận được từ mặt cắt ngang được cắt bốn phía của tấm thép mạ. Tiêu chuẩn đạt đã được xác định dựa trên tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại (vật liệu so sánh số 119), và phần diện tích gỉ đỏ ở đáy của bề mặt đầu cắt đã được đo.

Nói cách khác, phần diện tích gỉ đỏ 70% hoặc nhiều hơn, mà lớn hơn so với phần diện tích gỉ đỏ của tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg, đã được đánh giá là "B," phần diện tích gỉ đỏ từ 35% đến 70% đã được đánh giá là "A," phần diện tích gỉ đỏ từ 10% đến 35% đã được đánh giá là "AA," và phần diện tích gỉ đỏ ít hơn 10% đã được đánh giá là "AAA."

Phần diện tích gỉ đỏ ở đáy của bề mặt đầu cắt sau khi trôi qua 5 chu kỳ của cùng loại chu kỳ cũng đã được đo. Phần diện tích gỉ đỏ 90% hoặc nhiều hơn, mà lớn hơn so với phần diện tích gỉ đỏ của tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại, đã được đánh giá là "B," phần diện tích gỉ đỏ từ 45% đến 90% đã được đánh giá là "A," và phần diện tích gỉ đỏ ít hơn 45% đã được đánh giá là "AAA."

-Khả năng ăn mòn-

Khả năng ăn mòn của tấm thép mạ đã được đo trong dung dịch NaCl nước 5% nhờ sử dụng Ag/AgCl như điện cực tham chiếu và ô đo điện hoá. Trị số trung bình của khả năng ăn mòn đã được đo trong 30 giây ngay sau khi ngâm.

-Thử nghiệm phun muối (được ghi là "SST" trên các bảng)-

Để đánh giá sự chống gỉ trắng của bề mặt phẳng của tấm thép mạ, tấm thép mạ đã được trải qua thử nghiệm phun muối (JIS Z 2371) để đo phần diện tích gỉ trắng bề mặt được mạ sau 120 giờ. Tiêu chuẩn đạt đã được xác định dựa trên tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại (vật liệu so sánh số 119), và phần diện tích gỉ trắng 50% hoặc nhiều hơn, mà lớn hơn so với phần diện tích gỉ trắng 50% cho tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg, đã được đánh giá là "B," phần diện tích gỉ trắng từ 20% đến 50% đã được đánh giá là "A," và phần diện tích gỉ trắng ít hơn 20% đã được đánh giá là "AAA."

Để đánh giá khả năng xử lý của lớp mạ, tấm thép mạ đã được trải qua thử nghiệm uốn V 5R-90°, và băng giấy bóng kính có chiều rộng từ 24 mm đã được nén lại và được kéo xa khỏi nếp gấp rãnh dạng hình chữ V để đánh giá trực quan việc tạo hạt.

Trường hợp mà trong đó hạt tách ra do việc tạo hạt đang dính vào băng đã được đánh giá là "B."

Trường hợp mà trong đó hạt tách ra do việc tạo hạt đang dính trong các vết đốm tới băng đã được đánh giá là "A."

Trường hợp mà trong đó sự tách hạt không xảy ra đã được đánh giá là "AAA."

-Tạo hạt -

Để đánh giá việc xử lý tăng cường thêm, sau khi đúc khuôn với khuôn đúc dạng chữ V 2R-90°, việc xử lý không uốn còn được thực hiện trên tấm phẳng với khuôn phẳng. Sau khi xử lý dạng hình chữ V, băng giấy bóng kính có chiều rộng từ 24 mm đã được nén lại và được kéo xa khỏi nếp gấp rãnh để đánh giá trực quan việc tạo hạt.

Trường hợp mà trong đó không có phân tách lớp đã được tạo ra đã được đánh giá là "AAA."

Trường hợp mà trong đó các phân tách lớp đã được quan sát một phần như các vết đốm đã được đánh giá là "A."

Trường hợp mà trong đó các phân tách lớp đã được quan sát như các đường đã được đánh giá là "B."

-Thử nghiệm uốn kéo (Draw Bead Test) -

Thử nghiệm uốn kéo đã được thực hiện để đánh giá khả năng xử lý của lớp mạ. Tải nén đã được thiết đặt tới 3, 6, và 9 kN, và NOX-RUST 550 NH đã được sử dụng như dầu ở tốc độ rút ra 100 mm/phút, và khuôn SKD (R = 4) đã được sử dụng. Trong trường hợp trong đó hệ số ma sát động của tấm thép mạ dựa trên Zn-Al-Mg hiện thời ít hơn 0,12 không có sự ăn mòn, nó đã được đánh giá là "A," và trong trường hợp trong đó hệ số ma sát động là 0,12 hoặc sự ăn mòn đã được quan sát, nó đã được đánh giá là "B."

-Độ cứng lớp mạ (Độ cứng Vickers)-

Độ cứng lớp mạ của mỗi tấm thép mạ đã được đo nhờ sử dụng máy đo độ cứng Vickers (MITUTOYO-HM221) để đo độ cứng từ phía bề mặt được mạ. Tải thử nghiệm đã được thiết đặt tới 10 gf, và trị số trung bình 50 điểm đã được đo.

Các bảng từ 1-1 đến 1-12 thể hiện các danh mục của ví dụ A.

[Bảng 1-1]

3	Loại	Điểm nóng chảy bề mặt (°C)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)																Nhóm Cr					Nhóm Sr				
					Nhóm Sn				Nhóm Ca																					
					Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Fe	Sr	Sb	Pb	B		
A1	C	380	500	Phương pháp sản xuất D	87,7	5	5	1	0,2	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0				
A2	E	380	500	Phương pháp sản xuất D	84,8	5,5	3,5	5	0	0	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0,4	0				
A3	E	380	500	Phương pháp sản xuất D	85,2	5,5	3,5	5	0	0	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,4					
A4	E	370	500	Phương pháp sản xuất D	87,5	5,5	4	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A5	C	380	500	Phương pháp sản xuất D	84,4	5,5	3,5	5	0	0	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0					
A6	C	380	500	Phương pháp sản xuất D	84,9	5,5	3,5	5	0	0	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0,5	0					
A7	E	355	500	Phương pháp sản xuất D	69	6	4,5	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0					
A8	E	410	500	Phương pháp sản xuất D	84,4	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A9	C	410	430	Phương pháp sản xuất A	84,4	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A10	C	410	500	Phương pháp sản xuất B	84,4	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A11	C	410	500	Phương pháp sản xuất C	84,4	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A12	E	410	500	Phương pháp sản xuất D	84,1	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,1	0,1	0,1	0					
A13	C	410	500	Phương pháp sản xuất D	83,8	9	4,5	1	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2	0,2	0,2	0					
A14	E	400	500	Phương pháp sản xuất D	79,7	10	6	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0					
A15	C	410	500	Phương pháp sản xuất D	84,6	10	4,5	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0					
A16	E	410	500	Phương pháp sản xuất D	83,9	10	4,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,4	0	0,4	0	0					
A17	C	410	500	Phương pháp sản xuất D	83,8	10	4,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,4	0	0,5	0	0					
A18	E	410	500	Phương pháp sản xuất D	83,8	10	4,5	1	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0					
A19	E	405	500	Phương pháp sản xuất D	82,8	10	4,5	2	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0					
A20	E	400	500	Phương pháp sản xuất D	78,47	11	5	5	0	0	0,03	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0					
A21	C	410	500	Phương pháp sản xuất D	77,25	11	5	5	0	0	0,05	0,7	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A22	E	420	500	Phương pháp sản xuất D	81,85	11	6	0,1	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A23	E	420	500	Phương pháp sản xuất D	78,7	11	6	0,3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A24	E	420	500	Phương pháp sản xuất E	78,5	11	6	0,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A25	C	420	440	Phương pháp sản xuất A	79,5	11	6	0,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A26	C	420	500	Phương pháp sản xuất B	79,5	11	6	0,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A27	C	420	500	Phương pháp sản xuất C	79,5	11	6	0,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A28	E	420	500	Phương pháp sản xuất E	75,5	11	7	4	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					
A29	E	410	500	Phương pháp sản xuất E	80,4	11	5,5	2	0	0	0,3	0	0,2	0	0,2	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0					
A30	C	410	500	Phương pháp sản xuất E	78,8	11	5,5	2	0	0	1	0	0,5	0,2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0					

[Bảng 1-2]

Số	Loại	Điểm nóng chảy bề		Nhiệt độ bề	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)														Nhóm Cr					Nhóm Sr				
		mạ	mạ				Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Fe	Sr	Sb	Pb	B
A31	E	410		500	Phương pháp sản xuất E	79,1	11	5,5	2	0	0	1	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A32	C	410		500	Phương pháp sản xuất D	79	11	5,5	2	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A33	E	410		500	Phương pháp sản xuất D	79,1	11	5,5	2	0	0	1	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A34	E	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,8	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A35	E	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,6	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A36	C	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,55	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A37	E	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,8	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A38	E	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,6	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A39	C	405		500	Phương pháp sản xuất D	77,55	11	5,5	5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A40	C	415		500	Phương pháp sản xuất D	82,5	11	5,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A41	E	415		500	Phương pháp sản xuất D	81,2	11	5,5	0,5	0,1	0	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A42	E	410		500	Phương pháp sản xuất D	78,7	11	5,5	3	0,1	0	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A43	E	405		500	Phương pháp sản xuất D	76,7	11	5,5	5	0,1	0	0,5	0	0	0,1	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A44	C	375		500	Phương pháp sản xuất D	56,2	12	8	22	0	0	0,8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A45	C	420		500	Phương pháp sản xuất D	80,3	12	5	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A46	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	80,7	12	5	1	0,3	0,3	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
A47	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	80,5	12	5	1	0,2	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A48	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	80,7	12	5	1	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A49	E	420		500	Phương pháp sản xuất D	75,7	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A50	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	75,4	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A51	E	420		500	Phương pháp sản xuất D	75,4	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A52	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	75,4	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0,1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A53	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	75,4	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0,1	0	1	0	0	0	0
A54	C	420		500	Phương pháp sản xuất E	75,3	12	6	5	0	0	0,3	0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0,1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A55	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	66,4	12	8	10	0,5	0	1,5	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4	0	0	0
A56	E	415		500	Phương pháp sản xuất E	65,5	12	8	11	0,5	0	1,5	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,4	0	0	0
A57	C	415		500	Phương pháp sản xuất E	65,4	12	8	11	0,5	0	1,5	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0
A58	E	420		500	Phương pháp sản xuất E	65,7	13	7	9	4	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
A59	E	430		500	Phương pháp sản xuất D	76,5	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

[Bảng 1-3]

Số	Loại	Điểm nóng chảy bề mặt		Nhiệt độ bề mặt	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)														Nhóm Cr					Nhóm Sr				
		(°C)	(°C)			Nhóm Sn				Nhóm Ca				Nhóm Cr						Nhóm Sr									
						Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Ti	Cr	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Fe	Sr	Sb	Pb	B
A60	C	430		450	Phương pháp sản xuất A	76,5	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
A61	C	430		500	Phương pháp sản xuất B	76,5	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
A62	C	430		500	Phương pháp sản xuất C	76,5	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
A63	E	430		500	Phương pháp sản xuất D	76,3	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
A64	C	430		500	Phương pháp sản xuất D	76,25	13	6	3	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0		
A65	E	430		500	Phương pháp sản xuất E	77	13	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A66	E	430		500	Phương pháp sản xuất D	76,8	13	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A67	C	430		500	Phương pháp sản xuất D	76,75	13	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A68	C	450		500	Phương pháp sản xuất D	65,5	14	9	5	5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A69	C	440		500	Phương pháp sản xuất D	65,7	14	8	9	0	2	0,2	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A70	E	435		500	Phương pháp sản xuất D	71,7	14	7	5	0	1	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A71	E	450		500	Phương pháp sản xuất D	65,5	15	11	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0		
A72	C	445		500	Phương pháp sản xuất D	74,45	15	8,5	0,05	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0		
A73	E	440		500	Phương pháp sản xuất D	73,5	16	5	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0		
A74	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	66,5	16	11	5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0		
A75	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,3	16	11	5	0	0	0,5	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0		
A76	C	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,75	16	11	5	0	0	0,5	0	0	0	0,25	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0		
A77	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,5	16	11	6	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
A78	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,3	16	11	6	0	0	0,5	0	0	0	0,2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
A79	C	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,25	16	11	6	0	0	0,5	0	0	0	0,25	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
A80	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,5	16	12	5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
A81	E	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,3	16	12	5	0	0	0,5	0	0	0	0	0,2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
A82	C	460		510	Phương pháp sản xuất D	65,45	16	12	5	0	0	0,3	0	0	0	0	0,25	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0		
A83	E	450		500	Phương pháp sản xuất D	75	17	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
A84	E	455		505	Phương pháp sản xuất D	72,5	17	6	2,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0		
A85	C	455		475	Phương pháp sản xuất A	71,5	17	6	2,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
A86	C	455		505	Phương pháp sản xuất B	71,5	17	6	2,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
A87	C	455		505	Phương pháp sản xuất C	71,5	17	6	2,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0		
A88	E	455		505	Phương pháp sản xuất E	75,5	17	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0		
A89	E	460		510	Phương pháp sản xuất E	73	18	6	0,5	0,1	0	0,4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0		

[Bảng 1-4]

Số	Loại	Điểm nóng chảy bề mạ	Nhiệt độ bể mạ	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)														Nhóm Cr										Nhóm Sr				
					Nhóm Sn				Nhóm Ca				Nhóm Cr						Nhóm Sr														
		(°C)			Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Fe	Sr	Sb	Pb	B					
A90	E	460		Phương pháp sản xuất E	70	18	7	2,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0				
A91	E	455		Phương pháp sản xuất D	67	18	8	5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A92	E	465		Phương pháp sản xuất E	65,5	19	7	6,5	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A93	E	465		Phương pháp sản xuất E	73	19	5	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A94	C	465		Phương pháp sản xuất E	65	19	8	4	0	0	1	0,5	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A95	C	465		Phương pháp sản xuất E	66	19	8	4	0	0	1	0,5	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A96	E	465		Phương pháp sản xuất E	66,7	19	8	4	0	0	1	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A97	E	465		Phương pháp sản xuất D	66,4	19	8	4	0	0	1	0	0,3	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A98	C	470		Phương pháp sản xuất D	69,8	20	8	0	0,2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A99	E	470		Phương pháp sản xuất E	65,5	20	8	3,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A100	C	470		Phương pháp sản xuất A	65,5	20	8	3,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A101	C	470		Phương pháp sản xuất B	65,5	20	8	3,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A102	C	470		Phương pháp sản xuất C	65,5	20	8	3,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A103	E	475		Phương pháp sản xuất E	65,9	21	9	1,5	1	0,4	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A104	E	470		Phương pháp sản xuất D	67	22	7	2	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A105	E	460		Phương pháp sản xuất E	69,2	22	6	2	0,1	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0				
A106	E	460		Phương pháp sản xuất D	69	22	6	2	0	0,1	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,3	0	0	0	0				
A107	C	460		Phương pháp sản xuất E	69,05	22	6	2	0	0	0	0	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0,3	0	0	0	0				
A108	E	470		Phương pháp sản xuất E	65,5	23	7	2	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0				
A109	E	470		Phương pháp sản xuất E	68,5	23	4	2,5	0	0	0,3	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0				
A110	C	475		Phương pháp sản xuất E	67,3	24	4	0,5	0	0	3,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A111	E	475		Phương pháp sản xuất E	65,5	24	3,5	3,5	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0				
A112	E	470		Phương pháp sản xuất E	66	24,5	4	3,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A113	E	475		Phương pháp sản xuất E	65,7	24,5	3,5	4	0	0	0,2	0	0	0	1,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0				
A114	E	475		Phương pháp sản xuất E	65,3	24,5	3,5	3	0	0	1	0	0	0	2,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0				
A115	C	475		Phương pháp sản xuất D	65,6	24,5	3,5	3,5	0	0	0,1	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0				
A116	C	485		Phương pháp sản xuất D	61	24,5	12,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0				
A117	C	460		Phương pháp sản xuất D	69,5	25	3	1,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0				
A118	C	465		Phương pháp sản xuất D	67,4	25	3,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0				
A119	C	Việc mạ dựa trên Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại			85,7	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0			

[Bảng 1-5]

Số	Loại	Tổng		Xác định				Cường độ cụ thể						Cường độ	Vị trí đỉnh nhiễu xạ
		Nhóm Cr	Nhóm Sr	Công thức nồng độ				I			I				
				Sn-(Bi+In)	Ca-(Y+La+Ce)	Sn-Si	Sn/Zn	(MCSB)	(MgCaSn)	(CaZnAl)	(23,3°)				
A1	C	0	0	0,8	0,1	1	0,01	1,3	-	0,5	0,5	882	NG	23,36-23,46	
A2	E	0	0,4	5	0,4	5	0,06	11,9	0,05	0,5	0,5	3967	NG		
A3	E	0	0,4	5	0,4	5	0,06	14,0	0,05	0,5	0,5	3864	NG		
A4	E	0	0	2	0	2	0,02	2,1	0,4	<0,5	<0,5	1263	NG		
A5	C	0	0,5	5	0,4	5	0,06	9,0	0,05	0,5	0,5	3765	NG		
A6	C	0	0,5	5	0,4	5	0,06	8,5	0,05	0,5	0,5	3864	NG		
A7	E	0	0	20	0	20	0,29	11,5	1,99	<0,5	<0,5	4392	NG		
A8	E	0	0	1	0,1	1	0,01	3,3	0,13	0,5	0,5	1092	NG		
A9	C	0	0	1	0,1	1	0,01	1,4	-	0,5	0,5	984	NG		
A10	C	0	0	1	0,1	1	0,01	1,4	-	0,5	0,5	876	NG		
A11	C	0	0	1	0,1	1	0,01	4,0	0,1	0,5	0,5	975	NG		
A12	E	0	0,3	1	0,1	1	0,01	3,5	0,14	0,5	0,5	1013	NG		
A13	C	0	0,6	1	0,1	1	0,01	3,8	0,13	0,4	0,4	1001	NG		
A14	E	0	0	4	0	4	0,05	4,4	1,88	<0,5	<0,5	3267	NG		
A15	C	0	0	0,2	0	-0,1	0,00	1,1	-	<0,5	<0,5	541	NG		
A16	E	0	0,4	0,5	0	0,2	0,01	3,8	0,45	<0,5	<0,5	534	OK		
A17	C	0	0,5	0,5	0	0,2	0,01	3,5	0,6	<0,5	<0,5	561	NG		
A18	E	0	0	1	0	0,7	0,01	3,8	1,25	<0,5	<0,5	901	OK		
A19	E	0	0	2	0	1,7	0,02	5,0	1,42	<0,5	<0,5	1345	OK		
A20	E	0	0	5	0,03	5	0,06	6,5	0,3	<0,5	<0,5	2885	NG		
A21	C	0	0	5	-0,65	5	0,06	6,9	0,2	<0,5	<0,5	2902	NG		
A22	E	0	0	0,1	0,05	0,1	0,00	2,1	0,28	0,9	0,9	508	NG		
A23	E	0	0	0,3	3	0,3	0,00	2,5	0,03	5,3	5,3	609	NG		
A24	E	0	0	0,5	3	0,5	0,01	2,5	0,03	5	5	721	NG		
A25	C	0	0	0,5	3	0,5	0,01	1,1	-	5	5	664	NG		
A26	C	0	0	0,5	3	0,5	0,01	1,3	-	5	5	618	NG		
A27	C	0	0	0,5	3	0,5	0,01	2,9	0,03	5	5	632	NG		
A28	E	0	0	4	0,5	4	0,05	4,6	0,04	0,8	0,8	4626	NG		
A29	E	0	0	2	0,1	1,8	0,02	4,6	0,06	0,8	0,8	1756	OK		
A30	C	0	0	2	0,3	2	0,03	4,4	0,05	1	1	2625	NG		

[Bảng 1-6]

Số	Loại	Tổng		Nhóm Sr	Xác định		Cường độ cụ thể					Cường độ I	Vị trí đỉnh nhiễu xa
		Nhóm Cr	Nhóm Sr		Công thức nồng độ		I	(MCSB)	(MgCaSn)	I	(CaZnAl)		
					Sn-(Bi+In)	Ca-(Y+La+Ce)							
A31	E	0	0	0	2	0,6	2	5,0	0,05	1	1	(23,3°)	23,36-23,46
A32	C	0	0	0	2	0,5	2	4,8	0,04	1	1	2354	NG
A33	E	0	0	0	2	0,6	2	4,6	0,04	1	1	2367	NG
A34	E	0	0	0	5	0	4,8	6,9	2,32	<0,5	<0,5	2311	NG
A35	E	0,2	0	0	5	0	4,8	6,7	2,41	<0,5	<0,5	3854	OK
A36	C	0,25	0	0	5	0	4,8	1,4	-	<0,5	<0,5	3765	OK
A37	E	0	0	0	5	0	4,8	6,7	2,26	<0,5	<0,5	3921	NG
A38	E	0,2	0	0	5	0	4,8	6,7	2,35	<0,5	<0,5	3832	OK
A39	C	0,25	0	0	5	0	4,8	1,3	-	<0,5	<0,5	3568	OK
A40	C	0	0	0	-0,5	0	0	1,4	2	<0,5	<0,5	3712	NG
A41	E	0,1	0	0	0,4	0,4	0,5	3,3	0,05	1	1	230	NG
A42	E	0,1	0	0	2,9	0,4	3	3,5	0,05	0,8	0,8	601	OK
A43	E	0,1	0	0	4,9	0,4	5	6,5	0,05	0,5	0,5	3124	OK
A44	C	0	0	0	22	0,8	22	25,0	0,05	0,4	0,4	4256	OK
A45	C	0	0	0	0	0	0,8	3,5	1,22	<0,5	<0,5	8012	NG
A46	E	0	0	0	0,4	0	0,8	3,5	1,34	<0,5	<0,5	911	NG
A47	E	0	0	0	0,6	0,1	1	3,8	0,14	0,5	0,5	923	OK
A48	E	0	0	0	0,8	0,1	1	4,0	0,13	0,5	0,5	978	NG
A49	E	0	0	0	5	0,3	5	5,2	0,06	0,4	0,4	998	NG
A50	E	0,2	0	0	5	0,3	4,9	5,2	0,06	0,4	0,4	4102	NG
A51	E	0,2	0	0	5	0,3	4,9	5,2	0,07	0,4	0,4	4203	OK
A52	E	0,2	0	0	5	0,3	4,9	5,2	0,07	0,4	0,4	4116	OK
A53	E	0,2	0	0	5	0,3	4,9	5,2	0,06	0,4	0,4	4153	OK
A54	C	0,3	0	0	5	0,3	4,9	5,2	0,05	0,4	0,4	4136	OK
A55	E	0	0,4	0,4	9,5	1,3	10	1,3	-	0,4	0,4	4200	NG
A56	E	0	0,4	0,4	10,5	1,4	11	5,2	0,04	0,8	0,8	5214	NG
A57	C	0	0,5	0,5	10,5	1,4	11	20,8	0,04	0,5	0,5	5641	NG
A58	E	0	0	0	5	0,3	9	22,9	0,04	0,4	0,4	5312	NG
A59	E	0	0	0	3	0,5	3	9,6	0,05	<0,5	<0,5	4999	NG
								3,5	0,05	0,8	0,8	3365	NG

[Bảng 1-7]

Số	Loại	Tổng		Nhóm Sr	Xác định		Cường độ cụ thể				Cường độ I	Vị trí đỉnh nhiều xạ 23,36-23,46
		Nhóm Cr	Nhóm Sr	Sn-(Bi+In)	Ca-(Y+La+Ce)	Sn-Si	Sn/Zn	I (MCSB)	I (MgCaSn)	I (CaZnAl)		
A60	C	0	0	3	0,5	3	0,04	1,4	-	0,8	3457	NG
A61	C	0	0	3	0,5	3	0,04	1,4	-	0,8	3395	NG
A62	C	0	0	3	0,5	3	0,04	3,1	0,05	0,8	3451	NG
A63	E	0,2	0	3	0,5	3	0,04	3,3	0,06	0,8	3645	NG
A64	C	0,25	0	3	0,5	3	0,04	1,3	-	0,8	3612	NG
A65	E	0	0	3	0	3	0,04	3,5	1,96	<0,5	3015	NG
A66	E	0,2	0	3	0	3	0,04	4,0	1,92	<0,5	2768	NG
A67	C	0,25	0	3	0	3	0,04	1,4	1,85	<0,5	2912	NG
A68	C	0	0	0	0,5	5	0,08	5,2	0,06	0,4	4169	NG
A69	C	0	0	7	0,1	9	0,14	5,2	0,06	<0,5	4725	NG
A70	E	0	0	4	0,3	5	0,07	4,2	0,05	0,4	4654	NG
A71	E	0	0	5	2	5	0,08	16,7	0,03	0,7	4915	NG
A72	C	0	0	0,05	0,5	0,05	0,00	1,1	0,05	5,2	215	NG
A73	E	0	0	4	0	4	0,05	5,2	2,32	<0,5	2367	NG
A74	E	0	0	5	0,5	5	0,08	4,6	0,05	0,5	4321	NG
A75	E	0,2	0	5	0,5	5	0,08	5,0	0,06	0,5	4356	NG
A76	C	0,25	0	5	0,5	5	0,08	1,4	-	0,5	4159	NG
A77	E	0	0	6	0,5	6	0,09	15,2	0,05	<0,5	4465	NG
A78	E	0,2	0	6	0,5	6	0,09	15,2	0,06	<0,5	4458	NG
A79	C	0,25	0	6	0,5	6	0,09	1,4	-	<0,5	4396	NG
A80	E	0	0	5	0,5	5	0,08	13,8	0,05	<0,5	4267	NG
A81	E	0,2	0	5	0,5	5	0,08	12,9	0,05	<0,5	4314	NG
A82	C	0,25	0	5	0,3	5	0,08	1,4	-	<0,5	4004	NG
A83	E	0	0	2	0	2	0,03	2,5	1,74	<0,5	1932	NG
A84	E	0	0	2,5	1	2,5	0,03	2,9	1,58	1,9	2121	NG
A85	C	0	0	2,5	1	2,5	0,03	1,4	-	1,8	2168	NG
A86	C	0	0	2,5	1	2,5	0,03	1,4	-	1,8	2264	NG
A87	C	0	0	2,5	1	2,5	0,03	2,7	1,58	1,8	2545	NG
A88	E	0	0	1	0	1	0,01	2,5	1,7	<0,5	773	NG
A89	E	0	0	0,4	0,4	0,5	0,01	2,3	0,06	1	525	NG

[Bảng 1-8]

Số	Loại	Tổng		Xác định		Cường độ cụ thể					Cường độ	Vị trí đỉnh nhiễu xạ
		Nhóm Cr	Nhóm Sr	Công thức nồng độ	Ca-(Y+La+Ce)	Sn-Si	Sn/Zn	(MCSB)	(MgCaSn)	(CaZnAl)		
A90	E	0	0	2,5	0,5	2,5	0,04	3,3	0,04	0,8	I (23,3°)	23,36-23,46
A91	E	0	0	5	0,5	5	0,07	6,5	0,05	0,5	3007	NG
A92	E	0	0	6,5	0,5	6,5	0,10	22,9	0,05	<0,5	3913	NG
A93	E	0	0	0,5	0	1	0,01	3,8	1,6	<0,5	4915	NG
A94	C	0	0	4	-0,5	4	0,06	3,5	0,05	0,8	573	NG
A95	C	0	0	4	0	4	0,06	3,3	0,05	0,8	4426	NG
A96	E	0	0	4	0,7	4	0,06	3,5	0,05	0,8	4515	NG
A97	E	0	0	4	0,4	4	0,06	3,3	0,04	0,8	4561	NG
A98	C	0	0	-0,2	1	0	0,00	1,0	0,05	<0,5	4712	NG
A99	E	0	0	3,5	2	3,5	0,05	5,2	0,04	0,9	207	NG
A100	C	0	0	3,5	2	3,5	0,05	1,4	-	0,9	3715	NG
A101	C	0	0	3,5	2	3,5	0,05	1,4	-	0,9	3385	NG
A102	C	0	0	3,5	2	3,5	0,05	5,2	4	0,9	3451	NG
A103	E	0	0	0,1	0,2	1,5	0,02	4,4	0,15	<0,5	3512	NG
A104	E	0	0	2	0,5	2	0,03	4,2	0,05	0,8	1443	NG
A105	E	0	0	1,9	0	1,6	0,03	4,0	1,58	<0,5	2176	NG
A106	E	0,2	0	1,9	0	1,6	0,03	3,8	1,62	<0,5	1521	OK
A107	C	0,25	0	2	0	1,6	0,03	1,4	-	<0,5	1347	OK
A108	E	0	0	2	0,5	2	0,03	2,5	0,05	0,8	1159	NG
A109	E	0	0	2,5	0,1	2,5	0,04	3,5	0,05	0,7	1953	NG
A110	C	0	0	0,5	3,2	0,5	0,01	3,8	0,03	1	2124	NG
A111	E	0	0	3,5	3	3,5	0,05	4,0	0,03	1	801	NG
A112	E	0	0	3,5	1	3,5	0,05	4,8	0,03	0,8	3125	NG
A113	E	0	0	4	0,2	2,4	0,06	3,5	0,1	<0,5	3311	NG
A114	E	0	0	3	1	0,6	0,05	3,3	0,05	0,9	4712	OK
A115	C	0	0	3,5	0,1	1	0,05	3,5	0,12	<0,5	3315	OK
A116	C	0	0	1,5	0	1,5	0,02	2,3	1,65	<0,5	3541	NG
A117	C	0	0	1,5	0	1,5	0,02	2,5	1,25	<0,5	1024	NG
A118	C	0	0	0,1	0	0,1	0,00	1,1	-	<0,5	1100	NG
A119	C	0	0	0	0	-0,2	0,00	-	-	-	340	NG
											275	NG

[Bảng 1-9]

Số	Loại	Phân diện tích (%)				MCSB cỡ lớn	Kết cấu ZnAl nguyên chất	Al	Mg Zn2	Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Sự chống ăn mòn			SST Vùng trắng	Tạo hạt		Thử nghiệ m uốn kéo (Hv)	Độ cứng Vickers
		Zn+M CSB	MCSB/Zn		Bề mặt phẳng						Bề mặt cuối		gi		Uốn V	Không uốn		
				Dc (µm)							1 chu kỳ	5 chu kỳ						
A1	C	0	-	-	0	0	20	20	0	0	B	B	B	B	AAA	A	A	190
A2	E	10	35	0,1	5	0	40	40	0	0	A	AAA	AAA	AAA	AAA	A	A	150
A3	E	10	35	0,1	5	0	40	40	0	0	A	AAA	AAA	AAA	AAA	A	A	150
A4	E	5	40	0,1	0	0	45	45	0	0	A	AAA	A	A	AAA	A	A	170
A5	C	10	25	0,2	5	0	36	3	0	0	B	AAA	AAA	B	B	B	A	170
A6	C	10	35	0,2	5	0	40	2	0	0	B	AAA	AAA	B	B	B	A	170
A7	E	10	60	0,2	15	0	42	30	0	0	A	AAA	AA	A	AAA	A	A	150
A8	E	25	15	0,1	0	5	40	28	0	0	A	AAA	AA	AAA	AAA	A	A	200
A9	C	0	-	-	0	5	38	17	38	0	B	B	B	B	B	B	A	200
A10	C	0	-	-	0	5	33	18	42	0	B	B	B	B	AAA	A	A	200
A11	C	0	-	-	0	0	66	30	0	0	A	AAA	AA	B	B	B	A	200
A12	E	25	15	0,1	0	5	42	23	0	0	A	AAA	AA	AAA	AAA	A	A	200
A13	C	25	15	0,1	0	4	21	23	0	0	B	B	B	B	B	B	A	200
A14	E	20	35	0,2	3	5	28	38	0	0	A	AAA	AA	A	AAA	A	A	210
A15	C	0	-	-	0	4	26	37	0	0	B	B	B	A	AAA	A	A	210
A16	E	30	40	0,2	0	5	25	38	0	0	A	A	A	A	AAA	A	A	210
A17	C	30	40	0,2	0	5	21	30	0	0	B	A	A	B	B	B	A	210
A18	E	30	15	0,1	0	5	24	38	0	0	A	A	A	A	AAA	A	A	210
A19	E	30	25	0,1	0	4	26	35	0	0	A	A	A	A	AAA	A	A	210
A20	E	25	35	0,1	5	5	28	36	0	0	A	AAA	AA	A	AAA	A	A	200
A21	C	25	30	0,1	5	5	23	28	0	0	B	AAA	AAA	B	B	B	A	200
A22	E	20	10	0,1	0	4	27	42	0	0	A	AAA	AA	AAA	AAA	A	A	250
A23	E	20	10	0,1	0	5	27	42	0	0	A	AAA	AA	AAA	AAA	A	A	250
A24	E	20	15	0,1	0	15	26	38	0	0	A	AAA	AA	AAA	AAA	AAA	A	250
A25	C	0	-	-	0	5	13	43	33	0	B	B	B	B	B	B	A	250
A26	C	0	-	-	0	5	12	42	35	0	B	B	B	B	AAA	AAA	A	250
A27	C	0	-	-	0	0	53	38	0	0	B	AAA	AA	B	B	B	A	250
A28	E	20	30	0,2	5	20	15	38	0	0	A	AAA	AAA	AAA	AAA	AAA	A	250
A29	E	25	25	0,1	0	10	27	33	0	0	A	A	A	AAA	AAA	AAA	A	240
A30	C	25	25	0,1	0	15	22	23	0	0	B	AAA	AA	B	B	B	A	240

[Bảng 1-10]

Số	Loại	Phân diện tích (%)										Sự chống ăn mòn				Khả năng ăn mòn	SST Vùng trắng	Tạo hạt Uốn V	Thử nghiệm uốn kéo	Độ cứng Vickers (Hv)
		Zn+MCSB	MCSB/Zn		MCSB cỡ lớn	Kết cấu cầu ZnAl nguyên chất	Al	MgZn2	Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Bề phẳng	Bề mặt	Bề mặt cuối								
				Dc (μm)								1 chu kỳ	5 chu kỳ							
A31	E	25	25	0,1	0	0	10	25	37	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	240		
A32	C	25	25	0,1	0	0	5	24	30	0	B	AAA	AA	-1,3	B	B	A	240		
A33	E	25	25	0,1	0	0	5	28	38	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	A	A	240		
A34	E	25	25	0,1	5	5	5	24	37	0	A	A	AA	-1,4	A	AAA	A	220		
A35	E	25	25	0,1	5	5	5	28	33	0	A	A	AA	-1,5	A	AAA	A	220		
A36	C	0	-	-	5	5	5	32	36	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	220		
A37	E	25	35	0,2	5	5	5	28	35	0	A	A	AA	-1,4	A	AAA	A	220		
A38	E	25	35	0,2	5	5	5	25	36	0	A	A	AA	-1,5	A	AAA	A	220		
A39	C	0	-	-	0	0	5	34	36	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	220		
A40	C	0	-	-	0	0	5	34	37	0	B	AAA	A	-1,4	B	B	A	280		
A41	E	25	10	0,1	0	0	5	24	37	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	A	A	250		
A42	E	25	25	0,1	0	0	5	24	38	0	A	AAA	AA	-1,4	AAA	A	A	240		
A43	E	25	40	0,2	5	5	5	29	34	0	A	AAA	AAA	-1,5	AAA	A	A	230		
A44	C	15	55	0,2	20	20	5	54	0	0	B	AAA	AAA	-1,4	B	AAA	A	150		
A45	C	25	15	0,1	0	0	5	30	33	0	B	A	A	-1,3	B	B	A	220		
A46	E	25	15	0,1	0	0	10	33	28	0	A	A	A	-1,3	A	AAA	A	260		
A47	E	25	15	0,1	0	0	15	34	23	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	250		
A48	E	25	15	0,1	0	0	10	34	23	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	250		
A49	E	20	35	0,2	7	7	5	32	28	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	260		
A50	E	20	35	0,2	8	8	10	30	26	0	A	AA	AAA	-1,5	A	AAA	A	260		
A51	E	20	35	0,2	7	7	5	30	26	0	A	AA	AAA	-1,5	A	AAA	A	260		
A52	E	20	35	0,2	8	8	15	29	25	0	A	AA	AAA	-1,5	A	AAA	A	260		
A53	E	20	35	0,2	7	7	10	30	24	0	A	AA	AAA	-1,5	A	AAA	A	260		
A54	C	0	-	-	0	0	10	25	27	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	260		
A55	E	15	50	0,2	10	10	15	20	37	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	270		
A56	E	15	50	0,2	13	13	15	20	35	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	270		
A57	C	15	50	0,2	18	18	10	18	34	0	B	AAA	AAA	-1,4	B	B	A	270		
A58	E	20	45	0,2	12	12	10	16	38	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	270		
A59	E	20	30	0,2	0	0	5	28	39	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	A	A	260		

[Bảng 1-11]

Số	Loại	Phân diện tích (%)						Sự chống ăn mòn				Khả năng ăn mòn	SST	Tạo hạt		Thử nghiệm uốn kéo	Độ cứng Vickers (Hv)
		Zn+MC SB	MCSB/Zn		MCS B cỡ lớn	Kết cấu ZnAl nguyên chất	Al	MgZn ₂	Kết cấu eutectic ba nguyên tố	Bề mặt phẳng	Bề mặt cuối						
			Dc (μm)	Đc (μm)							Bề mặt cuối						
											1 chu kỳ			5 chu kỳ			
A60	C	0	-	-	0	5	30	40	0	B	B	B	-1,3	B	B	A	260
A61	C	0	-	-	0	5	35	37	0	B	B	B	-1,3	B	AAA	A	260
A62	C	0	-	-	0	0	77	20	0	A	AAA	AA	-1,3	B	B	A	260
A63	E	20	25	0,1	0	5	32	40	0	A	AAA	AA	-1,4	AAA	AAA	A	260
A64	C	0	-	-	0	5	37	34	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	260
A65	E	20	25	0,1	0	10	33	35	0	A	AAA	A	-1,3	A	AAA	AAA	260
A66	E	20	25	0,1	0	5	30	36	0	A	AAA	A	-1,4	A	AAA	A	260
A67	C	0	-	-	0	5	34	40	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	260
A68	C	15	25	0,1	12	5	47	3	0	B	AAA	AAA	-1,4	B	B	A	280
A69	C	15	25	0,1	13	5	45	2	0	B	AAA	AAA	-1,4	B	B	A	280
A70	E	15	35	0,2	5	5	30	41	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	280
A71	E	15	35	0,2	20	5	12	44	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	310
A72	C	20	10	0,1	0	5	3	38	33	B	AAA	AA	-1,1	B	AAA	A	300
A73	E	35	35	0,2	5	5	33	18	0	A	AAA	AA	-1,3	A	AAA	A	250
A74	E	20	40	0,2	5	5	12	56	0	A	AAA	AA	-1,4	AAA	AAA	A	300
A75	E	20	35	0,2	6	5	10	55	0	A	AAA	AA	-1,5	AAA	AAA	A	300
A76	C	0	-	-	0	5	8	56	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	300
A77	E	20	40	0,2	12	5	10	50	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	300
A78	E	20	45	0,2	13	5	9	52	0	A	AAA	AAA	-1,5	A	AAA	A	300
A79	C	0	40	0,2	0	5	5	56	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	300
A80	E	15	40	0,2	13	5	14	43	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	310
A81	E	15	40	0,2	0	5	12	63	0	A	AAA	AA	-1,5	A	AAA	A	310
A82	C	0	40	0,2	0	5	16	49	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	310
A83	E	30	20	0,1	0	5	40	19	0	A	AAA	A	-1,3	A	AAA	A	280
A84	E	35	25	0,1	0	5	31	26	0	A	AAA	A	-1,3	AAA	AAA	A	280
A85	C	0	-	-	0	5	32	40	15	B	B	B	-1,3	B	B	A	280
A86	C	0	-	-	0	5	33	42	12	B	B	B	-1,3	B	AAA	A	280
A87	C	0	-	-	0	0	69	21	0	A	AAA	A	-1,3	B	B	A	280
A88	E	30	15	0,1	0	10	15	42	0	A	AAA	A	-1,2	A	AAA	AAA	290
A89	E	30	10	0,1	0	10	16	40	0	A	AAA	AA	-1,2	AAA	AAA	A	300

[Bảng 1-12]

Số	Loại	Phân diện tích (%)										Sự chống ăn mòn			Khả năng ăn mòn	SST	Tạo hạt		Thử nghiệm uốn kéo	Độ cứng Vickers (Hv)
		Zn+M CSB		MCSB/Zn		MCS B cỡ lớn	Kết cấu ZnAl nguyên chất	Al	MgZn ₂	Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Bề mặt		Bề mặt cuối							
			Dc (μm)								Bề mặt phẳng	1 chu kỳ	5 chu kỳ							
A90	E	25	30	0,2		0	20	18	35	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	300		
A91	E	20	35	0,2		3	5	20	45	0	A	AAA	AA	-1,4	AAA	AAA	A	290		
A92	E	25	35	0,2		12	15	18	28	0	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	AAA	290		
A93	E	30	25	0,1		0	10	20	35	0	A	AAA	A	-1,2	A	AAA	AAA	290		
A94	C	20	30	0,2		6	10	19	41	0	B	AAA	AA	-1,3	B	B	A	300		
A95	C	20	30	0,2		6	10	19	41	0	B	AAA	AA	-1,3	B	B	A	300		
A96	E	20	30	0,2		5	10	18	42	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	300		
A97	E	20	30	0,2		6	5	20	43	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	300		
A98	C	0	-	-		0	5	23	43	0	A	AAA	AA	-1,4	A	B	A	320		
A99	E	20	30	0,2		10	15	15	38	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	300		
A100	C	0	30	0,2		0	5	31	40	6	B	B	B	-1,4	B	B	A	300		
A101	C	0	30	0,2		0	5	26	41	5	B	B	B	-1,4	B	AAA	A	300		
A102	C	0	30	0,2		10	0	79	9	0	A	AAA	AA	-1,4	B	B	A	300		
A103	E	20	25	0,1		0	10	18	50	0	A	AAA	AA	-1,4	A	AAA	AAA	310		
A104	E	30	25	0,1		0	5	18	45	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	300		
A105	E	30	25	0,1		0	10	20	38	0	A	A	AA	-1,3	A	AAA	A	290		
A106	E	30	25	0,1		0	5	23	38	0	A	A	AA	-1,4	A	AAA	A	290		
A107	C	0	25	0,1		0	15	29	33	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	290		
A108	E	15	25	0,1		0	15	20	46	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	300		
A109	E	20	25	0,1		0	25	18	36	0	A	AAA	AA	-1,3	AAA	AAA	A	200		
A110	C	15	15	-		0	15	28	16	0	B	AAA	AA	-1,3	B	B	A	300		
A111	E	15	35	0,2		5	15	55	2	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	190		
A112	E	15	35	0,2		7	10	56	3	0	A	AAA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	190		
A113	E	10	35	0,2		6	20	57	1	0	A	A	AAA	-1,4	A	AAA	A	180		
A114	E	10	35	0,2		0	15	62	2	0	A	A	AA	-1,4	AAA	AAA	A	190		
A115	C	10	35	0,2		8	5	59	9	0	A	B	AAA	-1,4	A	AAA	A	190		
A116	C	10	20	0,1		0	5	18	62	0	A	A	A	-1,2	A	B	A	350		
A117	C	10	15	0,1		0	5	71	6	0	A	B	B	-1,1	A	B	A	220		
A118	C	0	-	-		0	5	81	5	0	B	B	B	-1,1	B	B	A	220		
A119	C	0	-	-		0	0	37	9	52	B	B	B	-1	B	AAA	A	150		

(Ví dụ B)

Để nhận được các lớp mạ của các thành phần hoá học được thể hiện trên bảng 2-1, lượng phôi kim loại nguyên chất nhất định đã được sử dụng nhằm chuẩn bị và được nóng chảy trong lò nóng chảy chân không, được theo sau bằng việc lên khuôn ban đầu của bề mạ trong không khí. Đối với việc chuẩn bị các tấm thép mạ, hệ thống mạ nóng chảy hàng loạt đã được sử dụng. Thép cacbon cuộn lạnh chung 0,8 mm (nồng độ C < 0,1%) đã được sử dụng cho tấm mạ gốc, và việc tẩy nhòe và ngâm đã được thực hiện ngay trước bước mạ.

Trong việc chuẩn bị mẫu bất kỳ, cùng phương pháp xử lý giảm đã được áp dụng tới tấm mạ gốc cho đến khi ngâm trong bể mạ. Nói cách khác, tấm mạ gốc đã được làm nóng từ nhiệt độ phòng đến 800°C bằng cách làm nóng bằng điện trong môi trường N₂-H₂ (5%) (điểm sương -40°C hoặc ít hơn, nồng độ oxy ít hơn 25 ppm), được giữ lại khoảng 60 giây, được làm mát tới nhiệt độ bể mạ + 10°C bằng cách phun khí N₂, và được ngâm ngay trong bể mạ.

Quy trình mạ đã được thực hiện theo phương pháp sản xuất D nêu trên nhằm sản xuất.

Bằng cách điều khiển thời gian ngâm bề mạ, các tấm thép mạ với các độ dày khác nhau của lớp hợp kim Al-Fe đã được chuẩn bị. Ngoài ra, lượng khí quét đã được điều chỉnh để chuẩn bị các tấm thép mạ với các độ dày khác nhau của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Như trong (Ví dụ A), các phân tích khác nhau và các phép đo khác nhau đã được thực hiện.

-Tạo hạt -

Để đánh giá khả năng xử lý của lớp mạ, mỗi tấm thép mạ đã được trải qua thử nghiệm uốn V 0R-90°, và băng giấy bóng kính có chiều rộng từ 24 mm đã được nén lại và được kéo xa khỏi nếp gấp rãnh dạng hình chữ V để đánh giá trực quan việc tạo hạt.

Trường hợp mà trong đó hạt tách ra do việc tạo hạt đang dính ở các đường tới băng đã được đánh giá là "B."

Trường hợp mà trong đó hạt tách ra do việc tạo hạt đang dính ở các vết đốm tới băng đã được đánh giá là "A."

Trường hợp mà trong đó việc tạo hạt sự tách lớp không xảy ra đã được đánh giá là "AAA."

-Thử nghiệm phun muối (được ghi là "SST" trên các bảng)-

Lớp hợp kim Zn-Al-Mg đã được loại bỏ khỏi bề mặt lớp mạ bằng việc xử lý cắt bề mặt trong ví dụ từ 1 đến 12. Các tấm thép mạ này mà trên đó chỉ lớp hợp kim Al-Fe đã được gắn vào đã được trải qua thử nghiệm phun muối (JIS Z

2371) để đo phần diện tích gỉ đỏ bề mặt mạ sau 24 giờ. Tiêu chuẩn đạt đã được xác định dựa trên thép cacbon cuộn lạnh chung được sử dụng là vật liệu so sánh cho tấm mạ gốc, phần diện tích gỉ đỏ 90% hoặc nhiều hơn chỉ báo sự gia tăng phần diện tích gỉ đỏ đã được đánh giá là "B," và phần diện tích gỉ đỏ ít hơn 90% đã được đánh giá là "AAA."

Các bảng từ 2-1 đến 2-3 thể hiện các danh mục của ví dụ B.

[Bảng 2-1]

Số	Loại	Điểm nóng chảy bề mặt (°C)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Thời gian ngâm	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)																						
						Nhóm Sn			Nhóm Ca				Nhóm Cr							Nhóm Sr								
						Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Fe	Sr	Sb	Pb	B
B1	E	375	500	0,5	Phương pháp sản xuất D	79	6	4,5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
B2	E	375	500	2	Phương pháp sản xuất D	79	6	4,5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
B3	E	375	500	3	Phương pháp sản xuất D	79	6	4,5	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0
B4	E	410	500	3	Phương pháp sản xuất D	83,2	10	4,5	1	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B5	E	410	500	3	Phương pháp sản xuất D	83,2	10	4,5	1	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B6	E	410	500	3	Phương pháp sản xuất D	83,2	10	4,5	1	0	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B7	E	430	500	3	Phương pháp sản xuất D	77	13	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
B8	E	450	500	3	Phương pháp sản xuất D	74,9	17	5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0,1
B9	E	460	510	3	Phương pháp sản xuất D	69,1	20	7	2	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0
B10	E	460	510	3	Phương pháp sản xuất D	68,6	20	7	2	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
B11	E	460	510	7	Phương pháp sản xuất D	65,6	20	7	2	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0
B12	C	460	510	9	Phương pháp sản xuất D	65,1	20	7	2	0	0	0,4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	0	0
B13	C	Thép cacbon chung				100	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

[Bảng 2-2]

Số	Loại	Tổng		Xác định				Lớp mạ			Cường độ cụ thể			Cường độ		Vị trí đỉnh nhiễu xạ		
				Nhóm Cr	Nhóm Sr	Công thức nồng độ		Sn-(Bi+In)	Ca-(Y+La+Ce)	Sn-Si	Sn/Zn	Lớp Al-Fe (μm)	Lớp Zn-Al-Mg (μm)	I	(MCSB)		I	(CaZnAl)
		0	0			10	0											
B1	E	0	0	0	0	10	0	10	0,13	0,10	25	8,5	1,99	<0,4	4399	NG	23,36-23,46	
B2	E	0	0	0	0	10	0	10	0,13	1,50	25	9,7	1,95	<0,4	4562	NG		
B3	E	0	0	0	0	10	0	10	0,13	2,00	25	8,4	1,93	<0,4	4881	NG		
B4	E	0	0	0	0	1	0	0,7	0,01	2,00	3	3,3	1,2	<0,4	901	OK		
B5	E	0	0	0	0	1	0	0,7	0,01	2,00	50	3,1	1,25	<0,4	995	OK		
B6	E	0	0	0	0	1	0	0,7	0,01	2,00	95	3,6	1,25	<0,4	945	OK		
B7	E	0	0	0	0	3	0	3	0,04	2,00	25	4,7	1,96	<0,4	3645	NG		
B8	E	0	0,1	2	0	2	0	2	0,03	2,00	25	4,6	1,74	<0,4	1936	NG		
B9	E	0	0	2	0	2	0,4	2	0,03	2	25	5	0,05	0,8	2985	NG		
B10	E	0	0	2	0	2	0,4	2	0,03	3	25	4,9	0,05	0,8	3024	NG		
B11	E	0	0	2	0	2	0,4	2	0,03	5	25	5,1	0,05	0,8	3112	NG		
B12	C	0	0	2	0	2	0,4	2	0,03	5,5	25	5,3	0,05	0,8	3215	NG		
B13	C	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-		

[Bảng 2-3]

Số	Loại	Phân diện tích										Tạo hạt	SST
		Zn+MCSC	MCSC/Zn		MCSC cỡ lớn	Kết cấu Zn-Al nguyên chất	Al	MgZn2	Kết cấu eutecti ba nguyên tố				
				Dc (µm)									
B1	E	10	60	0,2	0	0	60	25	0	AAA	-		
B2	E	10	55	0,2	0	0	60	25	0	A	AAA		
B3	E	10	60	0,2	0	0	58	27	0	A	AAA		
B4	E	25	15	0,1	0	5	40	28	0	AAA	AAA		
B5	E	30	15	0,1	0	5	38	29	0	A	AAA		
B6	E	30	15	0,1	0	5	39	30	0	A	AAA		
B7	E	20	25	0,1	0	5	30	36	0	AAA	AAA		
B8	E	30	25	0,1	0	5	33	33	0	AAA	AAA		
B9	E	30	25	0,1	0	5	33	33	0	AAA	AAA		
B10	E	30	25	0,1	0	5	18	45	0	A	AAA		
B11	E	30	25	0,1	0	5	20	45	0	A	AAA		
B12	C	30	25	0,1	0	5	20	45	0	B	AAA		
B13	C	-			-	-				-	B		

(Ví dụ C)

Để nhận được các lớp mạ của các thành phần hoá học được thể hiện trên bảng 3-1, lượng phôi kim loại nguyên chất nhất định đã được sử dụng và được nóng chảy trong lò nóng chảy chân không, được theo sau bằng việc lên khuôn ban đầu của bề mạ trong không khí. Đối với việc chuẩn bị các tấm thép mạ, hệ thống mạ nóng chảy hàng loạt đã được sử dụng. Tấm cacbon cuộn nóng chung 0,8 mm (nồng độ C < 0,1%) đã được sử dụng cho chất nền mạ, và việc tẩy nhòn và ngâm đã được thực hiện ngay trước bước mạ.

Trong việc chuẩn bị mẫu bất kỳ, cùng phương pháp xử lý giảm đã được áp dụng tới tấm mạ gốc cho đến khi ngâm trong bể mạ. Nói cách khác, tấm mạ gốc đã được làm nóng từ nhiệt độ phòng đến 800°C bằng cách làm nóng bằng điện trong môi trường N₂-H₂(5%) (điểm sương -40°C hoặc ít hơn, nồng độ oxy ít hơn 25 ppm), được giữ lại khoảng 60 giây, được làm mát tới nhiệt độ bể mạ + 10°C bằng cách phun khí N₂, và được ngâm ngay trong bể mạ. Độ dày của mỗi lớp mạ đã được thiết đặt tới 30 µm.

Quy trình mạ đã được thực hiện theo phương pháp sản xuất D hoặc E nêu trên nhằm sản xuất.

Một vài mẫu đã được chuẩn bị nhờ sử dụng tấm mạ gốc 0,8-mm trong cùng các điều kiện như ví dụ A.

Đối với tất cả các mẫu nhận được, như trong ví dụ A, các phân tích khác nhau, các phép đo khác nhau, và các sự đánh giá đã được triển khai. Lưu ý rằng phân tích nhiễu xạ tia X đã không được thực hiện.

Sự xác nhận của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si và phép đo của kích cỡ hạt trung bình đã được triển khai như được mô tả dưới đây.

Hình vuông 10 × 10 mm đã được cắt ra từ mỗi tấm thép mạ tạo thành. Bề mặt của lớp mạ đã được nhúng trong nhựa với độ nghiêng 10° từ mặt phẳng ngang và được đánh bóng, và kết cấu mặt cắt xiên của lớp mạ đã được quan sát. Trong trường hợp trong đó sự lựa chọn tùy chọn đã được kiểm tra để tìm ra pha hợp chất liên kim loại vô định hình hoặc giống hình kim và pha hợp chất kim loại đã được xác nhận, phân tích ánh xạ nguyên tố còn được thực hiện bởi EDS. Trong trường hợp trong đó sự có mặt của ba nguyên tố, Ca, Al, và Si, đã được xác nhận, được xem là ba là pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si, và nó đã được ghi là "OK" trên cột "Sự có mặt của Ca-Al-Si" trên bảng 3. Trong trường hợp trong đó sự có mặt của ba nguyên tố, Mg, Al, và Si, đã được xác nhận, được xem là ba là pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si, và nó đã được ghi là "OK" trên cột "Sự có mặt của pha Mg-Al-Si" trên bảng 3,

Ngoài ra, trong trường hợp trong đó sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si và sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si đã được xác nhận, kích cỡ hạt trung bình của mỗi trong số các pha hợp chất liên kim loại đã được đo theo phương pháp nêu trên. Các kết quả đã được thể hiện trên các cột "Dc của Ca-Al-Si" và "Dc của pha Mg-Al-Si" trên bảng 3,

Ngoài ra, để đánh giá sự chống ăn mòn phần được xử lý, mỗi tấm thép mạ đã được cắt thành kích cỡ $30 \times 60 \times 0,8$ mm, mà từ đó các đoạn thử nghiệm uốn 0T, 1T, 2T, 4T, và 8T đã được chuẩn bị. Ngoài ra, các mẫu phẳng 30×60 mm và các mẫu uốn T này (phần đỉnh bên ngoài) đã đồng thời được trải qua thử nghiệm phun muối (JIS Z 2371), và thử nghiệm ăn mòn gia tăng đã được tiếp tục cho đến khi các vết đốm của gỉ đỏ được xuất hiện trên bề mặt phẳng và phần đỉnh. Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý được định rõ bởi công thức sau đây đã được tính toán cho mỗi trong số các đoạn thử nghiệm uốn từ 0T đến 8T: (tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý) = (phần đỉnh của đoạn thử nghiệm uốn T) / (thời gian cho sự hình thành gỉ đỏ trên bề mặt phẳng).

Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý là 0,8 hoặc cao hơn cho mỗi trong số các mẫu từ 0 đến 8T đã được đánh giá là "AAA."

Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý là 0,8 hoặc cao hơn chỉ cho các mẫu từ 1T đến 8T đã được đánh giá là "AA."

Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý là 0,8 hoặc cao hơn chỉ cho các mẫu từ 2T đến 8T đã được đánh giá là "A+."

Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý là 0,8 hoặc cao hơn chỉ cho các mẫu từ 4T đến 8T đã được đánh giá là "A."

Tỷ lệ suy giảm sự chống ăn mòn phần được xử lý là 0,8 hoặc cao hơn chỉ cho mẫu 8T đã được đánh giá là "B."

Các bảng từ 3-1 đến 3-3 thể hiện các danh mục của ví dụ C.

[Bảng 3-1]

Số	Loại	Điểm nóng chảy bề mặt (°C)	Nhiệt độ bề mặt (°C)	Phương pháp sản xuất	Thành phần (% khối lượng)										Xác định																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					Nhóm Sn					Nhóm Ca					Công thức nồng độ																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																						
					Zn	Al	Mg	Sn	Bi	In	Ca	Y	La	Ce	Si	Fe	Sn-(Bi+In)	Ca-(Y+La+Ce)	Sn-Si	Sn/Zn																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
C1	E	370																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																			

[Bảng 3-2]

Số	Loại	Phân diện tích (%)						Kết cấu eutecti ba nguyên tố							
		Zn+MCSC		MCSC/Zn		MCSB lớn	Kết cấu nguyên chất	Al	MgZn2	Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Ca-Al-Si		Mg-Al-Si		
					Dc (µm)						Sự có mặt	Dc (µm)	Sự có mặt	Dc (µm)	
C1	E	5		40	1	0		45	45	0		NG	-	NG	-
C2	E	5		40	1	0		43	43	0		OK	1	OK	1
C3	E	20		35	2	3		28	38	0		NG	-	NG	-
C4	E	20		35	2	3		25	36	0		OK	2	OK	1
C5	E	20		10	1	0		27	42	0		NG	-	NG	-
C6	E	25		10	1	0		24	37	0		NG	-	NG	-
C7	E	20		25	1	0		30	36	0		NG	-	NG	-
C8	E	20		25	1	0		30	34	0		OK	4	OK	3
C9	E	35		35	2	5		33	18	0		NG	-	NG	-
C10	E	35		35	2	5		32	16	0		OK	3	OK	1
C11	E	30		20	1	0		40	19	0		NG	-	NG	-
C12	E	30		20	1	0		40	18	0		OK	2	OK	1
C13	E	20		35	2	3		20	45	0		NG	-	NG	-
C14	E	20		35	2	3		20	43	0		OK	4	OK	2
C15	E	30		25	1	0		20	35	0		NG	-	NG	-
C16	E	30		25	1	0		20	33	0		OK	2	OK	1
C17	E	30		25	1	0		23	38	0		NG	-	NG	-
C18	E	30		25	1	0		23	35	0		OK	3	OK	2
C19	E	15		35	2	7		56	3	0		91	-	NG	-
C20	E	15		35	2	5		56	3	0		OK	5	OK	3

[Bảng 3-3]

Số	Loại	Sự chống ăn mòn					Khả năng ăn mòn	SST	Tạo hạt		Thử nghiệm uốn kéo	Độ cứng Vickers (Hv)
		Bề mặt phẳng	Bề mặt cuối		Phần được xử lý	Uốn V			Không uốn			
			1 chu kỳ	5 chu kỳ								
C1	E	A	AAA	A	A+	-1,3	A	AAA	A	A	170	
C2	E	A	AA	A	AA	-1,3	A	AAA	A	A	170	
C3	E	A	AAA	AA	A	-1,4	A	AAA	A	A	210	
C4	E	A	AA	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	A	210	
C5	E	A	AAA	AA	A+	-1,2	AAA	AAA	A	A	250	
C6	E	A	AAA	AA	A+	-1,3	AAA	AAA	A	A	250	
C7	E	A	AAA	A	A+	-1,4	A	AAA	A	A	260	
C8	E	A	A	AA	AAA	-1,4	AAA	AAA	A	A	260	
C9	E	A	AAA	AA	A	0	A	AAA	A	A	250	
C10	E	A	A	AAA	AA	-1,3	A	AAA	A	A	250	
C11	E	A	AAA	A	A+	-1,3	A	AAA	A	A	280	
C12	E	A	A	AA	AAA	-1,3	A	AAA	A	A	280	
C13	E	A	AAA	AA	A	-1,4	AAA	AAA	A	A	290	
C14	E	A	A	AAA	AA	-1,4	AAA	AAA	A	A	290	
C15	E	A	AAA	A	A+	-1,2	A	AAA	AAA	A	290	
C16	E	A	AA	AA	AAA	-1,2	A	AAA	AAA	A	290	
C17	E	A	A	AA	A+	-1,4	A	AAA	A	A	290	
C18	E	A	A	AAA	AAA	-1,4	A	AAA	A	A	290	
C19	E	A	AAA	AAA	A	-1,4	AAA	AAA	AAA	A	190	
C20	E	A	A	AAA	AA	-1,4	A	AAA	AAA	A	190	

Các phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo. Tuy nhiên, sáng chế không giới hạn ở các ví dụ như vậy. Rõ ràng là những người có trình độ trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng mà sáng chế thuộc về có thể nhận thức được các sự thay đổi hoặc các sự cải biến khác nhau nằm trong phạm vi của khái niệm kỹ thuật được mô tả trong các điểm yêu cầu bảo hộ. Được hiểu rõ ràng rằng các sự thay đổi hoặc các sự cải biến này cũng nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.14, mỗi số tham chiếu đề cập tới chủ thể tương ứng như được mô tả dưới đây.

- 1: Pha Al (bao gồm pha Zn nguyên chất)
- 2: Pha $MgZn_2$ (cỡ lớn)
- 3: Kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 4: Pha Zn chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn
- 5: Pha Al
- 6: Pha $MgZn_2$
- 7: Pha Zn chứa pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn
- 8: Pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt là 1 μm hoặc lớn hơn (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn cỡ lớn)
- 9: Kết cấu eutectoit có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm được bao gồm pha Zn và pha Al (kết cấu eutectoit Zn-Al nguyên chất)
- 11: Pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si
- 12: Pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si
- 13: Pha hợp chất liên kim loại vô định hình (Pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si)
- 14: Pha hợp chất liên kim loại giống hình kim (Pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si)
- 20: Pha Zn có kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 21: Pha $MgZn_2$ có kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 22: Pha Al có kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 30: Pha Zn có kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 31: Pha Al có kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 100: Lớp mạ
- 100A: Lớp mạ

101: Lớp hợp kim Zn-Al-Mg

101A: Lớp hợp kim Zn-Al-Mg

102: Lớp hợp kim Al-Fe

102A: Lớp hợp kim Al-Fe

Theo sáng chế, các công bố bổ sung sau đây còn được bộc lộ.

(Công bố bổ sung 1)

Tấm thép mạ nóng chảy có sản phẩm thép và lớp mạ bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép,

trong đó pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa hợp chất liên kim loại (Mg, Ca, Y, La, Ce)₂(Sn, Bi, In),

lớp mạ bao gồm

Zn: nhiều hơn 65,0%,

Al: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 25,0%,

Mg: từ nhiều hơn 3% đến ít hơn 12,5%,

Sn: từ 0,10% đến 20%,

Bi: từ 0% đến ít hơn 5%,

In: từ 0% đến ít hơn 2%,

Ca: từ 0% đến 3,0%,

Y: từ 0% đến 0,5%,

La: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Ce: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Si: từ 0% đến ít hơn 2,5%,

Cr: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ti: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ni: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Co: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

V: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Nb: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Cu: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Mn: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Fe: từ 0% đến 5%,

Sr: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Sb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Pb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

B: từ 0% đến ít hơn 0,5% tính theo phần trăm (%) theo khối lượng và các tạp chất, và

$Bi + In < Sn$, $Y + La + Ce \leq Ca$, $Si < Sn$, $Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$, và $Sr + Sb + Pb + B < 0,5$ được thoả mãn.

(Công bố bổ sung 2)

Tấm thép mạ nóng chảy theo công bố bổ sung 1, trong đó hợp chất liên kim loại $(Mg, Ca, Y, La, Ce)_2(Sn, Bi, In)$ có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm và được phân tán trong pha Zn.

(Công bố bổ sung 3)

Tấm thép mạ nóng chảy theo công bố bổ sung 1 hoặc 2, trong đó pha Zn chứa hợp chất liên kim loại $(Mg, Ca, Y, La, Ce)_2(Sn, Bi, In)$ có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm có mặt với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn trong mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong kết cấu mặt cắt tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

(Công bố bổ sung 4)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 3, trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ không có mặt ở lớp mạ.

(Công bố bổ sung 5)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 4, trong đó dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X nhận được từ bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, tổng cường độ I $((Mg, Ca, Y, La, Ce)_2(Sn, Bi, In)) = \{I(\text{cường độ } 22,8^\circ \text{ (cps)}) + I(\text{cường độ } 23,3^\circ \text{ (cps)}) + I(\text{cường độ } 24,2^\circ \text{ (cps)})\}$ là 1000 cps hoặc cao hơn.

(Công bố bổ sung 6)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 5, trong đó lớp mạ chứa từ 0,05% đến 3% theo khối lượng của Ca, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X nhận được từ bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α , cường độ cụ thể I $(MgCaSn + Mg_9Sn_5) = \{I(\text{cường độ } 22,8^\circ \text{ (cps)}) + I(\text{cường độ } 26,3^\circ \text{ (cps)})\} / I(\text{cường độ } 23,3^\circ \text{ (cps)})$ ít hơn 0,3 (miễn là trường hợp mà trong đó I (cường độ 23,3° (cps)) ít hơn 500 cps không được bao gồm).

(Công bố bổ sung 7)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 6, trong đó lớp mạ chứa từ 0,05% đến 3% theo khối lượng của Ca, và pha hợp chất liên kim loại dựa trên Ca-Zn-Al có kích cỡ hạt 1 μm hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 5% hoặc nhiều hơn trong mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong kết cấu mặt cắt tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

(Công bố bổ sung 8)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 7, trong đó lớp mạ chứa từ 3% đến 20% theo khối lượng của Sn, $0,05 < \text{Sn\%/Zn\%}$ được thoả mãn, pha được bao gồm $(\text{Mg, Ca, Y, La, Ce})_2(\text{Sn, Bi, In})$ có kích cỡ hạt 1 μm hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn trong mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong kết cấu mặt cắt tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

(Công bố bổ sung 9)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 8, trong đó kết cấu eutectoit được bao gồm pha Zn và pha Al, và có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm có mặt với phần diện tích là 10% hoặc nhiều hơn trong mặt cắt ngang tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong kết cấu mặt cắt tùy chọn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

(Công bố bổ sung 10)

Tấm thép mạ nóng chảy theo bất kỳ một trong số các công bố bổ sung từ 1 đến 9, trong đó lớp mạ còn bao gồm lớp hợp kim Al-Fe, lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên trên sản phẩm thép, và lớp hợp kim Zn-Al-Mg được tạo nên trên lớp hợp kim Al-Fe.

Sự bộc lộ của Đơn sáng chế Nhật Bản số 2017-013198 được kết hợp toàn bộ ở đây nhằm viện dẫn.

Tất cả các tài liệu, các đơn sáng chế, và các chuẩn kỹ thuật được mô tả ở đây được đưa vào nhằm viện dẫn ở mức độ khi được mô tả cụ thể và riêng rằng các tài liệu, các đơn sáng chế, và các chuẩn kỹ thuật riêng được mô tả ở đây nhằm viện dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Sản phẩm thép mạ có sản phẩm thép và lớp mạ 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 có pha Zn, và pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn,

trong đó lớp mạ bao gồm, tính theo phần trăm (%) theo khối lượng:

Zn: nhiều hơn 65,0%,

Al: từ nhiều hơn 5,0% đến ít hơn 25,0%,

Mg: từ nhiều hơn 3,0% đến ít hơn 12,5%,

Sn: từ 0,1% đến 20,0%,

Bi: từ 0% đến ít hơn 5,0%,

In: từ 0% đến ít hơn 2,0%,

Ca: từ 0% đến 3,00%,

Y: từ 0% đến 0,5%,

La: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Ce: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Si: từ 0,01% đến ít hơn 2,5%,

Cr: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ti: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Ni: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Co: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

V: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Nb: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Cu: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Mn: từ 0% đến ít hơn 0,25%,

Fe: từ 0% đến 5,0%,

Sr: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Sb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

Pb: từ 0% đến ít hơn 0,5%,

B: từ 0% đến ít hơn 0,5%, và

các tạp chất, và

trong đó lớp mạ có thành phần hoá học thoả mãn các công thức từ 1 đến 5 sau đây:

Công thức 1: $Bi + In < Sn$

Công thức 2: $Y + La + Ce \leq Ca$

Công thức 3: $Si < Sn$

Công thức 4: $0 \leq Cr + Ti + Ni + Co + V + Nb + Cu + Mn < 0,25$

Công thức 5: $0 \leq Sr + Sb + Pb + B < 0,5$

trong đó, trong các công thức từ 1 đến 5, mỗi ký hiệu nguyên tố biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tương ứng tính theo phần trăm (%) theo khối lượng,

trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg có ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn và pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si có kích cỡ hạt trung bình là 1 μm hoặc lớn hơn.

2. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt trung bình ít hơn 1 μm .

3. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μm có phần diện tích từ 10% đến 50% đối với pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn.

4. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có mặt với phần diện tích 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

5. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) = {I (cường độ 22,8° (cps)) + I (cường độ 23,3° (cps)) + I (cường độ 24,2° (cps))} / 3 $\times$ I (cường độ nền ở 20° (cps)) là 1,5 hoặc cao hơn.

6. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó pha Zn chứa, như pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn, pha MgCaSn và pha Mg₉Sn₅,

trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (MgCaSn + Mg₉Sn₅) = {I (cường độ 22,8° (cps)) + I (cường độ 26,3° (cps))} / I (cường độ 23,3° (cps)) ít hơn 0,3, và I (cường độ 23,3° (cps)) là 500 cps hoặc cao hơn.

7. Sản phẩm thép mạ theo điểm 5, trong đó lớp mạ có hàm lượng Mg từ nhiều

hơn 4,0% đến ít hơn 12,5% theo khối lượng,

trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, đỉnh nhiễu xạ có cường độ mạnh nhất trong số các đỉnh nhiễu xạ xuất hiện từ 23,0° đến 23,46° xuất hiện giữa 23,36° đến 23,46°.

8. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có kích cỡ hạt là 1 μ m hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 5% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

9. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó lớp mạ có hàm lượng Sn từ 3,00% đến 20,00% theo khối lượng, và, công thức sau đây được thoả mãn:

$0,05 < \text{Sn/Zn}$, trong đó mỗi trong số Sn và Zn biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tương ứng,

trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt 1 μ m hoặc lớn hơn có mặt với phần diện tích là 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

10. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, kết cấu eutectoit được bao gồm pha Zn và pha Al, và có khoảng cách theo tầng ít hơn 300 nm, có mặt với phần diện tích là 10% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

11. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ có phần diện tích từ 0% đến 5% trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

12. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó hàm lượng Sn của lớp mạ từ 0,10% đến ít hơn 3,00%.

13. Sản phẩm thép mạ theo điểm 1, trong đó lớp mạ có lớp hợp kim Al-Fe giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

14. Sản phẩm thép mạ theo điểm 2, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có kích cỡ hạt nhỏ hơn 1 μ m có phần diện tích từ 10% đến 50% đối với pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn.

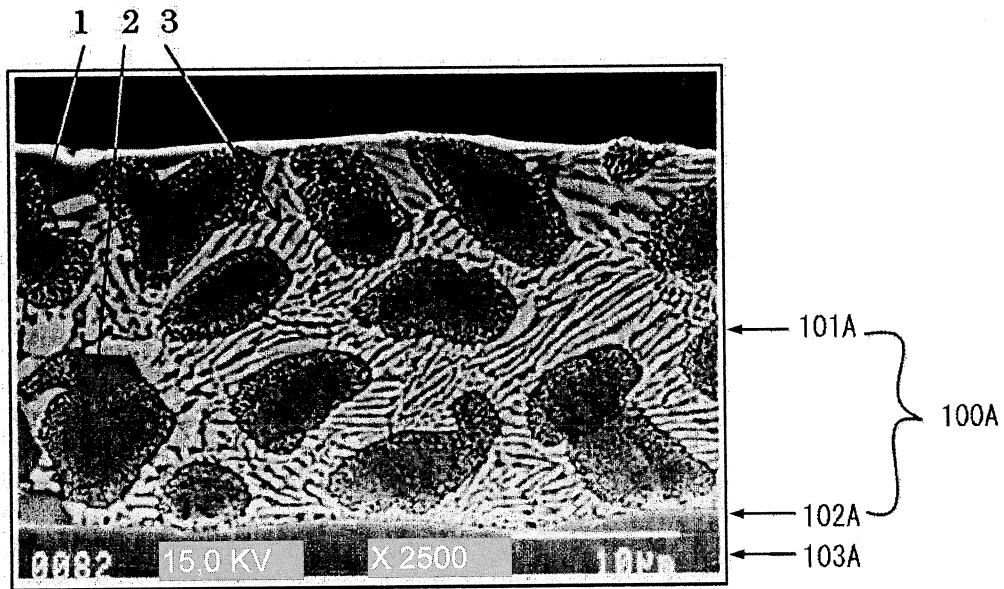
15. Sản phẩm thép mạ theo điểm 2, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có mặt với phần diện tích 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

16. Sản phẩm thép mạ theo điểm 3, trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp

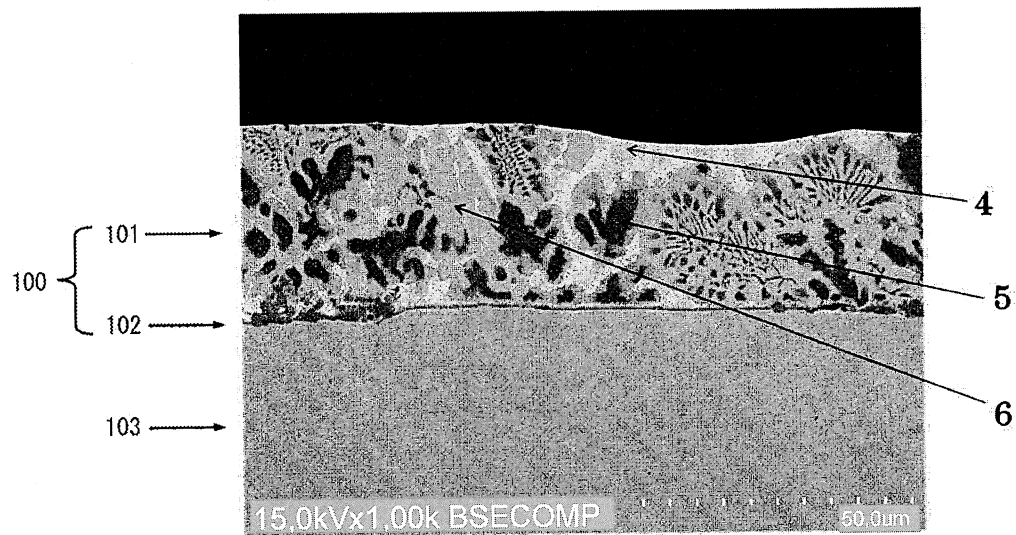
kim Zn-Al-Mg, pha Zn bao gồm pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn có mặt với phần diện tích 3% hoặc nhiều hơn đối với mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

17. Sản phẩm thép mạ theo điểm 2, trong đó, dựa trên ảnh nhiễu xạ tia X của bề mặt của lớp mạ, ảnh được đo nhờ sử dụng tia Cu-K α với tia X được đưa ra ở 40 kV và 150 mA, cường độ cụ thể I (pha hợp chất liên kim loại Mg-Sn) = {I (cường độ 22,8° (cps)) + I (cường độ 23,3° (cps)) + I (cường độ 24,2° (cps))} / 3 $\times$ I (cường độ nền ở 20° (cps)) là 1,5 hoặc cao hơn.

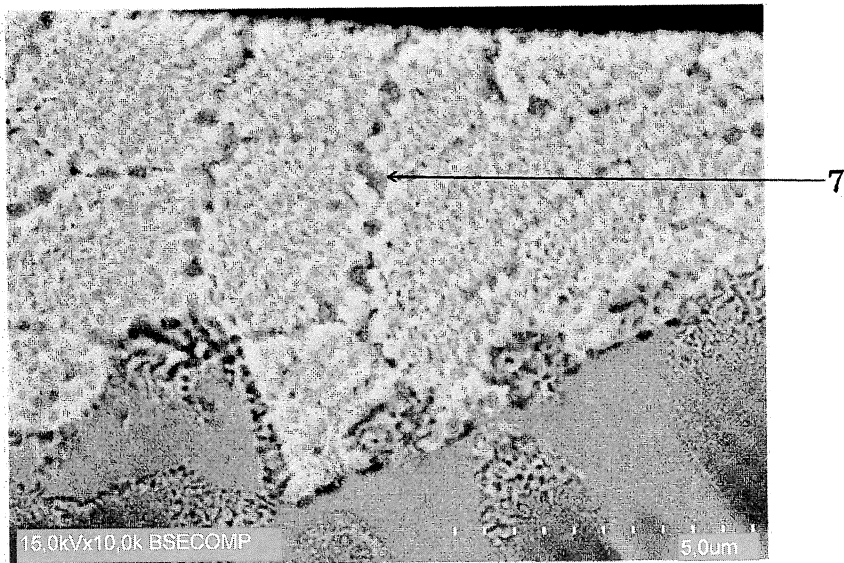
[Fig. 1]



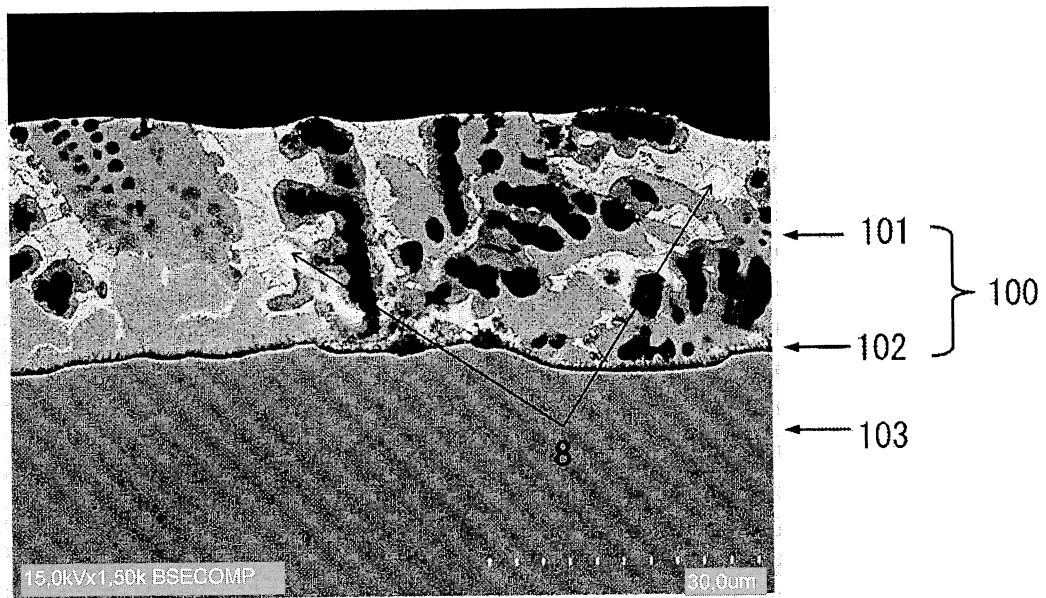
[Fig. 2]



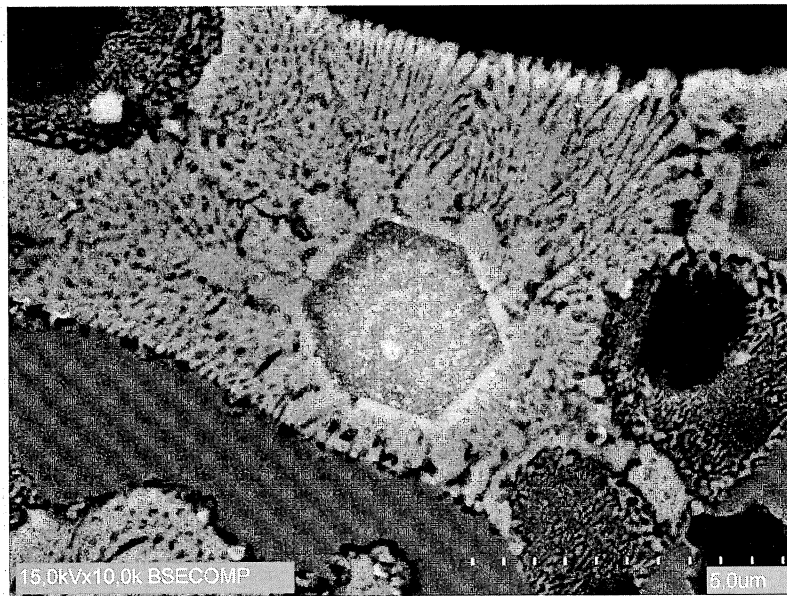
[Fig. 3]



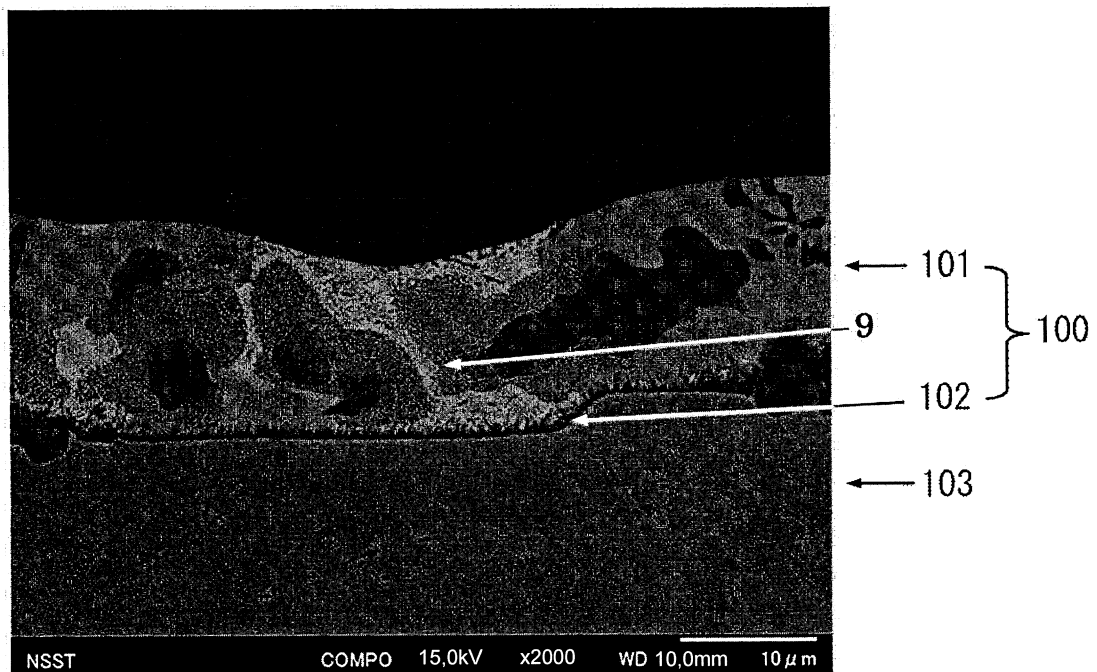
[Fig. 4]



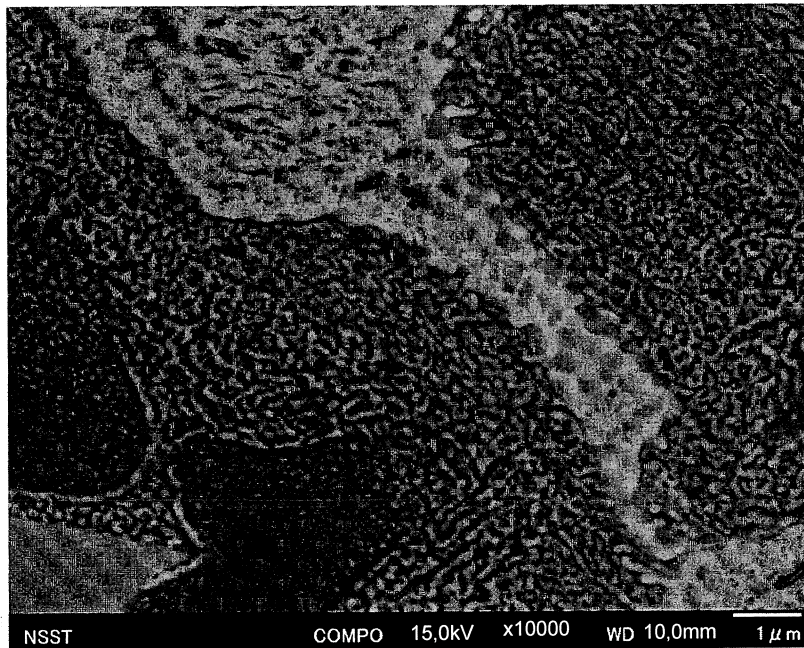
[Fig. 5]



[Fig. 6]



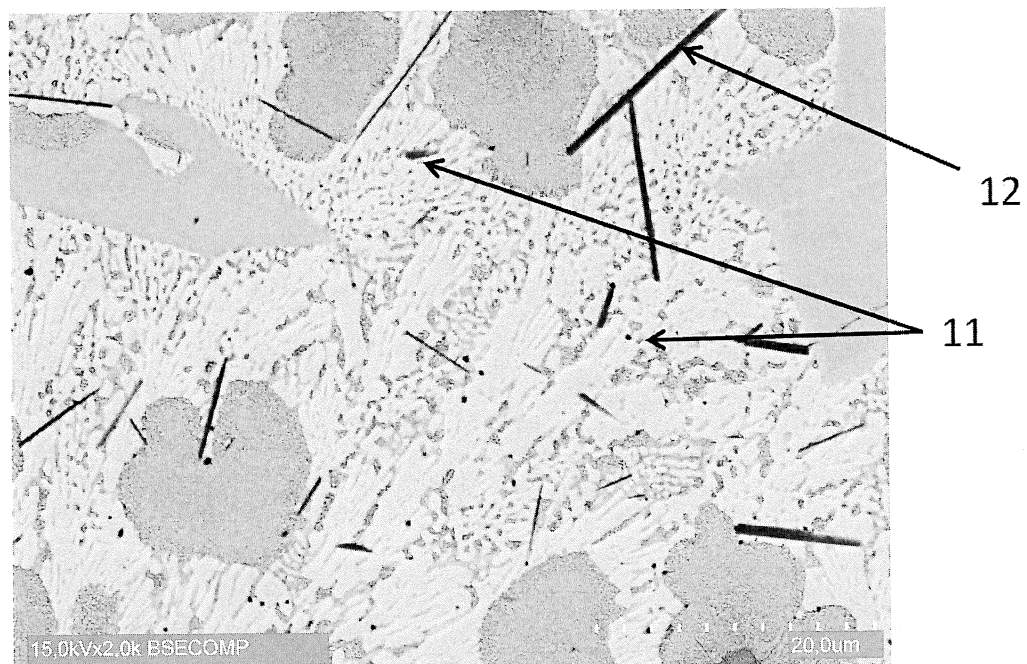
[Fig. 7]



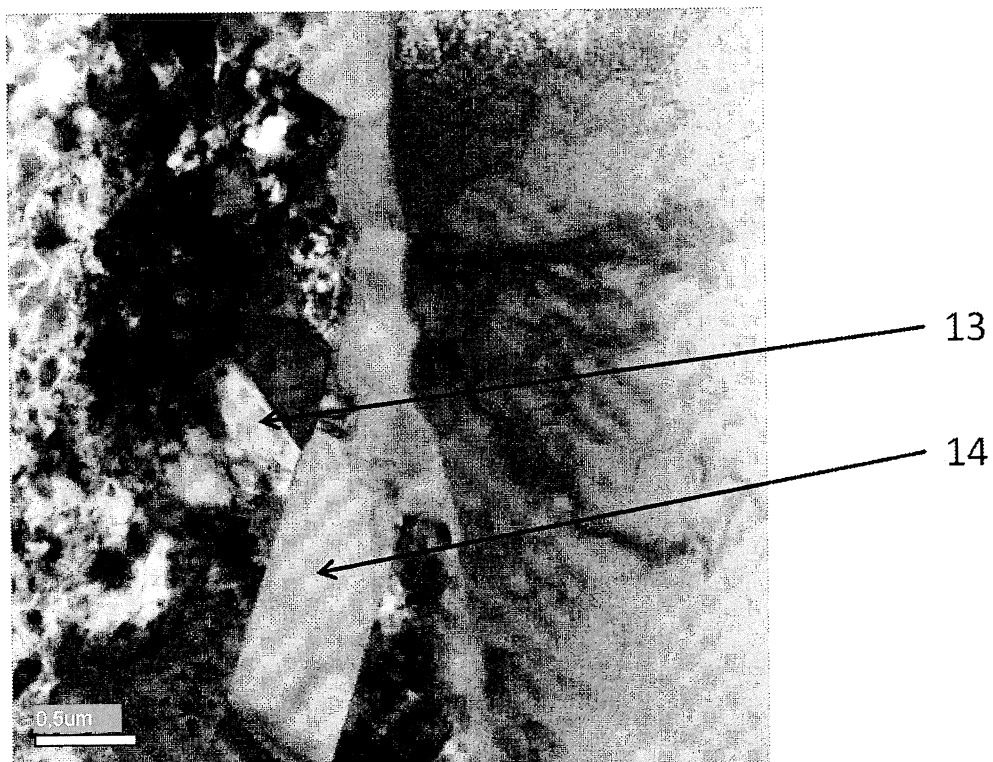
[Fig. 8]



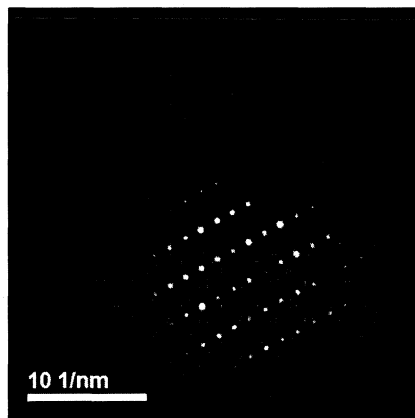
[Fig. 9]



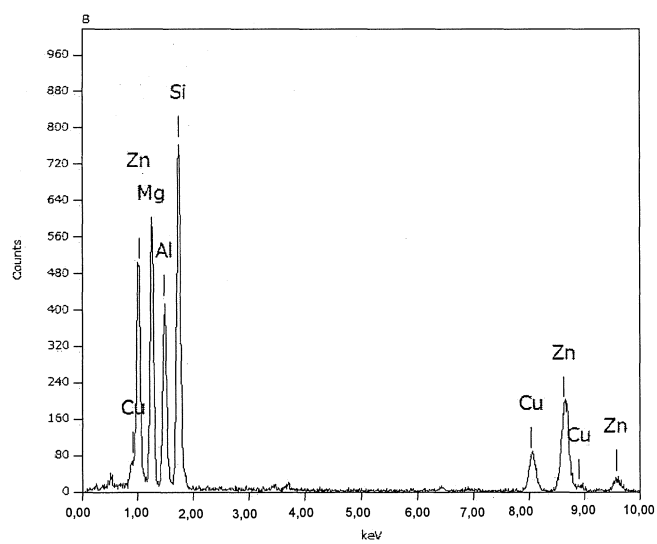
[Fig. 10]



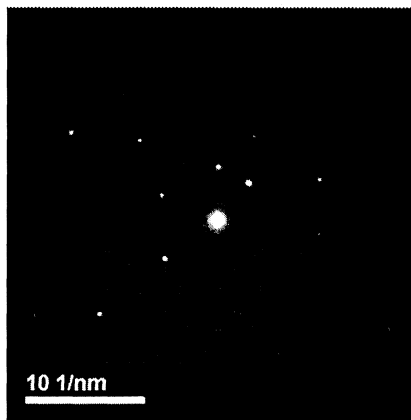
[Fig. 11A]

 $[011] \text{MgAlSi}$

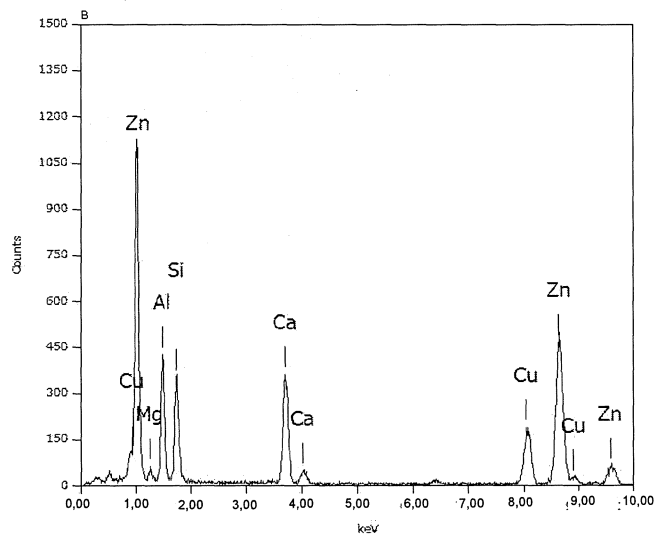
[Fig. 11B]



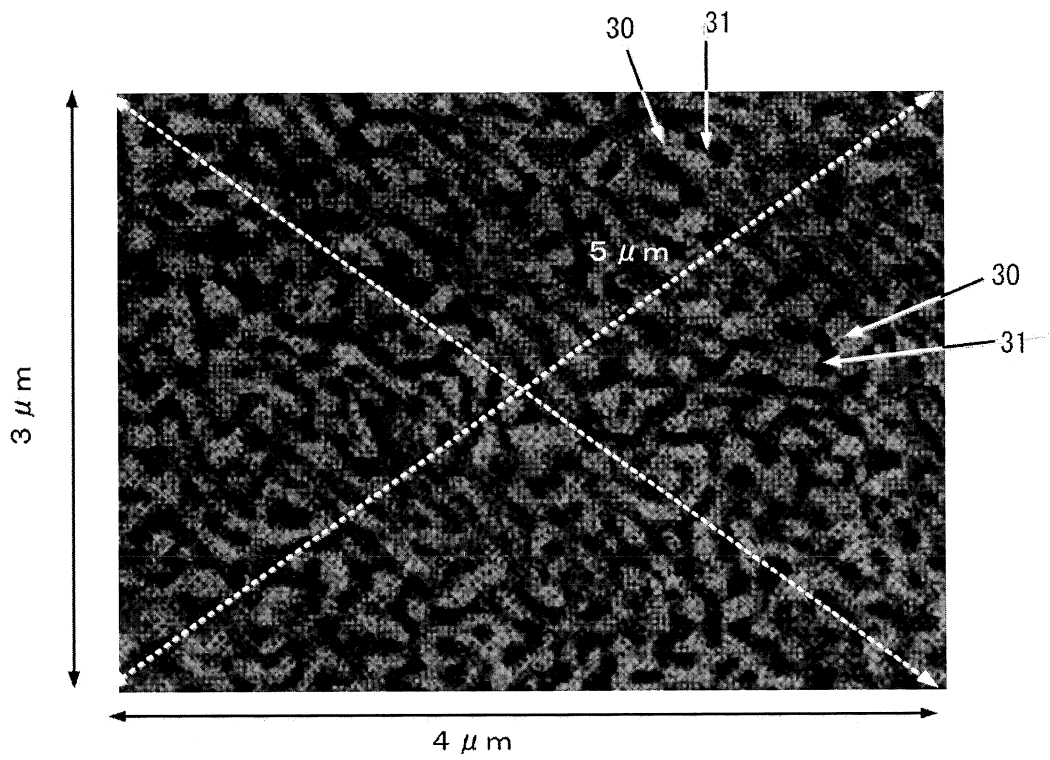
[Fig. 12A]



[Fig. 12B]



[Fig. 13]



[Fig. 14]

