



(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)



1-0034869

(51)^{2019.01} C23C 2/06; C22C 38/00; C23C 2/40;
C22C 18/04; C22C 38/04

(13) B

(21) 1-2019-04625

(22) 26/01/2018

(86) PCT/JP2018/002596 26/01/2018

(87) WO/2018/139620 02/08/2018

(30) 2017-013259 27/01/2017 JP

(45) 27/02/2023 419

(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); ISHIDA, Yoshinari (JP); MITSUNOBU, Takuya (JP);
SHIMODA, Nobuyuki (JP).

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

(54) SẢN PHẨM THÉP MẠ KIM LOẠI

(57) Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép mạ kim loại mà ít bị hóa giòn do kim loại lỏng (liquid metal embrittlement, LME) và tạo thành rỗ khí và có khả năng đạt được sự chống ăn mòn được nâng cao ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn. Sản phẩm thép mạ kim loại là sản phẩm thép mạ kim loại nhúng nóng bao gồm sản phẩm thép và lớp mạ mà được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép và bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg phần diện tích của pha $MgZn_2$ là từ 45 đến 75%, tổng phần diện tích của pha $MgZn_2$ và các pha Al không ít hơn 70%, và phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ là từ 0 đến 5%; và lớp mạ có thành phần hoá học định trước.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến sản phẩm thép mạ kim loại.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các sản phẩm thép mạ kẽm (Zinc, viết tắt là Zn) được sử dụng rộng rãi trong các lĩnh vực xây dựng nhà, sản xuất ô tô, và tương tự để nâng cao sự chống ăn mòn của các chi tiết kết cấu. Phương pháp thường được sử dụng để nâng cao sự chống ăn mòn của các kết cấu kỹ thuật dân dụng bao gồm các bước hàn các sản phẩm thép không mạ kim loại với nhau và sau đó nhúng kết cấu tạo thành trong bể kẽm để mạ các sản phẩm thép và bề mặt của vùng xung quanh khu vực được hàn và để đảm bảo sự chống ăn mòn.

Theo phương pháp này, tuy nhiên, quy trình hàn được theo sau bởi quy trình mạ, mà dẫn đến năng suất kém và các yêu cầu về thiết bị, chẳng hạn như bể mạ, và đã lần lượt gây ra sự gia tăng chi phí sản xuất.

Để tránh khỏi các vấn đề này, phương pháp hàn các sản phẩm thép mạ kẽm (ví dụ, các tấm thép mạ kẽm), mà đã được chuẩn bị trước bởi các sản phẩm thép mạ kim loại, đã được áp dụng ngày càng tăng tới việc sản xuất các kết cấu.

Ngoài ra, các đối tượng kết cấu được hàn gần đây đã được chuẩn bị ngày càng tăng bằng cách hàn các sản phẩm thép mạ hợp kim kẽm (ví dụ, các tấm thép mạ hợp kim kẽm), các bề mặt của nó được mạ với hợp kim kẽm (chẳng hạn như hợp kim Zn-Al-Mg-Si hoặc hợp kim Al-Zn-Si) với mức chống ăn mòn thậm chí cao hơn so với mức chống ăn mòn của các sản phẩm thép mạ kẽm thông thường thường được sử dụng, để nâng cao hơn nữa sự chống ăn mòn của các chi tiết kết cấu (xem, ví dụ, các tài liệu sáng chế từ 1 đến 7).

Các vấn đề cụ thể được đưa vào với việc chuẩn bị của các đối tượng kết cấu được hàn bằng cách hàn các sản phẩm thép mạ kẽm hoặc các sản phẩm thép mạ hợp kim kẽm bao gồm sự hóa giòn do kim loại lỏng (liquid metal embrittlement, viết tắt là LME) trong kim loại hàn và trong khu vực ảnh hưởng nhiệt của vật liệu cơ sở mà xảy ra do mạ nhúng nóng của vật liệu cơ sở, làm giảm độ mạnh liên kết do sự hình thành rỗ khí bởi sự bốc hơi nhiệt của Zn, và sự suy giảm khả năng chống ăn mòn ở các vùng xung quanh và phía sau các khu vực được hàn (các vùng xung quanh và phía sau khu vực được hàn sau đây được gọi là “các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn”) do sự bốc hơi nhiệt của Zn.

Ví dụ, LME được xem xét chủ yếu được gây ra bởi thành phần mạ kẽm còn lại dưới dạng nóng chảy trên bề mặt của khu vực ảnh hưởng nhiệt của vật liệu cơ sở gần

khu vực được hàn và được xâm nhập vào các biên hạt trong khu vực được hàn. Ngoài ra, được hiểu rằng LME dễ thấy hơn ở lớp mạ chứa các kim loại chẳng hạn như Al và Mg.

Để giải quyết các vấn đề này, ví dụ, phương pháp bao gồm việc áp dụng và đặt chất trợ dung rắn lên phần hàn dự kiến và sau đó thực hiện thao tác hàn trên phần hàn để hàn các sản phẩm thép được mạ với việc mạ hợp kim Zn-Al-Mg (tài liệu sáng chế 8) đã được đề xuất.

Ngoài ra, phương pháp bao gồm việc sử dụng dây lõi trợ dung và biến đổi các nguyên tố chẳng hạn như Al và Mg thành xỉ để khiến cho các nguyên tố này vô hại tới quy trình hàn (Tài liệu sáng chế 9) đã được đề xuất.

Ngoài ra, phương pháp bao gồm việc sử dụng dây hàn không gỉ (tài liệu sáng chế 10) đã được đề xuất.

Ngoài ra, các tấm thép mạ kim loại có khả năng hàn tốt nhất (các tài liệu không phải sáng chế 1 và 2) cũng đã được đề xuất như các sản phẩm để xử lý các vấn đề này.

Tài liệu sáng chế 1: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2000-064061

Tài liệu sáng chế 2: WO 2013/002358

Tài liệu sáng chế 3: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2006-193791

Tài liệu sáng chế 4: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2002-332555

Tài liệu sáng chế 5: WO 2010/082678

Tài liệu sáng chế 6: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2015-214747

Tài liệu sáng chế 7: WO 2014/059474

Tài liệu sáng chế 8: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2007-313535

Tài liệu sáng chế 9: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2005-230912

Tài liệu sáng chế 10: Đơn sáng chế Nhật Bản chưa qua thẩm định số 2006-35293

Tài liệu không phải sáng chế 1: Báo cáo kỹ thuật thép Nisshin, số 92 (2011) trang 39-47.

Tài liệu không phải sáng chế 2: Shinnittetsu Sumikin giho, số 398 (2014) trang 79-82.

Bản chất kỹ thuật theo sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Tuy nhiên, khó để làm giảm tất cả LME, sự hình thành rỗ khí do sự bốc hơi nhiệt của Zn, và sự suy giảm khả năng chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt

hàn do sự bốc hơi nhiệt của Zn, ngay cả khi các phương tiện nêu trên được thực hiện.

Vì vậy, mục đích của sáng chế là đề xuất sản phẩm thép mạ kim loại mà ít có khả năng trải qua LME và sự hình thành rỗ khí và có khả năng đạt được sự chống ăn mòn được nâng cao ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn.

Phương tiện giải quyết vấn đề

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

<1>

Sản phẩm thép mạ kim loại bao gồm sản phẩm thép và lớp mạ mà được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép và bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg,

trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, phần diện tích của pha $MgZn_2$ là từ 45 đến 75%, tổng phần diện tích của pha $MgZn_2$ và các pha Al không ít hơn 70%, và phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ là từ 0 đến 5%, và

trong đó lớp mạ có thành phần hoá học bao gồm, theo khối lượng:

Zn: từ nhiều hơn 44,90% đến ít hơn 79,90%;

Al: từ nhiều hơn 15% đến ít hơn 35%;

Mg: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 20%;

Ca: từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

Si: từ 0% đến 1,0%;

B: từ 0% đến 0,5%;

Y: từ 0% đến 0,5%;

La: từ 0% đến 0,5%;

Ce: từ 0% đến 0,5%;

Cr: từ 0% đến 0,25%;

Ti: từ 0% đến 0,25%;

Ni: từ 0% đến 0,25%;

Co: từ 0% đến 0,25%;

V: từ 0% đến 0,25%;

Nb: từ 0% đến 0,25%;

Cu: từ 0% đến 0,25%;

Mn: từ 0% đến 0,25%;

Sr: từ 0% đến 0,5%;

Sb: từ 0% đến 0,5%;

Pb: từ 0% đến 0,5%;

Sn: từ 0% đến 20,00%;

Bi: từ 0% đến 2,0%;

In: từ 0% đến 2,0%;

Fe: từ 0% đến 5,0%; và

các tạp chất,

trong đó, miễn là nhóm nguyên tố A gồm có Y, La, và Ce, nhóm nguyên tố B gồm có Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn, nhóm nguyên tố C gồm có Sr, Sb, và Pb, và nhóm nguyên tố D gồm có Sn, Bi, và In:

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0% đến 0,5%;

tổng hàm lượng của Ca và các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0% đến 0,25%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0% đến 0,5%; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D trong khoảng từ 0% đến 20,00%.

<2>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục <1>, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Si , pha Ca_2Si , pha $CaSi$, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, và pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si.

<3>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục <1> hoặc <2>, trong đó các hàm lượng của Al, Mg, Ca, và Si lần lượt trong khoảng từ nhiều hơn 22% đến ít hơn 35%, từ nhiều hơn 10% đến ít hơn 20%, từ 0,3% đến ít hơn 3,0%, và từ 0,1% đến 1,0%.

<4>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục <1> hoặc <2>, trong đó hàm lượng của Al trong khoảng từ nhiều hơn 15% đến 22%.

<5>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <3>, trong đó hàm lượng của B trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa B;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0,05% đến 0,25% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C.

<6>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <5>, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Al_2CaB_5 và các pha hợp chất được dẫn ra từ pha Al_2CaB_5 với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg, và trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B chứa B ở nồng độ không ít hơn 40% theo nguyên tử.

<7>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <6>, trong đó tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D trong khoảng từ 0,05% đến 20% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D; và

lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Sn , pha Mg_3Bi_2 , và pha Mg_3In .

<8>

Sản phẩm thép mạ kim loại theo mục bất kỳ trong số các mục từ <1> đến <7>, trong đó lớp mạ chứa lớp hợp kim Al-Fe giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Hiệu quả theo sáng chế

Theo sáng chế, sản phẩm thép mạ kim loại mà ít có khả năng trải qua LME và

sự hình thành rỗ khí và có khả năng đạt được sự chống ăn mòn được nâng cao ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn có thể được đề xuất.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM minh họa lớp mạ Zn-Al-Mg thông thường (Zn: 11%; Al: 3%; Mg: 0,2%; Si).

Fig.2 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM minh họa một ví dụ về lớp mạ theo sáng chế (lớp mạ số 18A trong ví dụ A).

Fig.3 thể hiện sơ đồ pha Zn-Al (được biểu diễn theo % khối lượng).

Fig.4 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM minh họa ví dụ khác về lớp mạ theo sáng chế (lớp mạ số 8A trong ví dụ A).

Fig.5 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt ngang của lớp mạ được sử dụng để giải thích phương pháp nhận dạng các pha Al (các pha α và β).

Fig.6 thể hiện hình ảnh phóng to của ảnh điện tử tán xạ ngược SEM trên Fig.5.

Fig.7 thể hiện ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt ngang của lớp mạ để giải thích các phương pháp xác định kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ và đo mỗi phần diện tích.

Mô tả chi tiết sáng chế

Đến đây, một ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Theo sáng chế, sự biểu diễn “%” của mỗi nguyên tố trong thành phần hoá học để chỉ báo hàm lượng đề cập tới hàm lượng của nguyên tố theo “% khối lượng.”

Ngoài ra, dãy số được định rõ bởi các trị số thấp và cao được kết nối với nhau nhờ sử dụng thuật ngữ “đến” lần lượt đề cập tới phạm vi của các số bao gồm các trị số bằng số trước khi và sau khi “đến” như các giới hạn thấp hơn và cao hơn.

Ngoài ra, trong đó thuật ngữ “nhiều hơn” hoặc “ít hơn” lần lượt đứng trước trị số thấp hơn hoặc cao hơn của các trị số bằng số được kết nối với nhau nhờ sử dụng thuật ngữ “đến” để định rõ dãy số, dãy số đề cập tới phạm vi của các số bất kỳ nằm trong phạm vi đó nhưng không bao gồm hoặc một hoặc cả hai các trị số bằng số là giới hạn thấp hơn hoặc cao hơn.

Ngoài ra, hàm lượng của mỗi nguyên tố trong thành phần cấu tạo có thể được biểu diễn bởi lượng nguyên tố (ví dụ, lượng Zn, Mg, hoặc tương tự) hoặc nồng độ của nguyên tố (ví dụ, nồng độ của Zn, Mg, hoặc tương tự).

Ngoài ra, thuật ngữ “bước” được sử dụng không chỉ đề cập tới các bước độc lập mà còn đề cập bao gồm tới bước bất kỳ mà không thể phân biệt được rõ ràng với

các bước khác miễn là mục đích mong muốn của bước đạt được.

Ngoài ra, thuật ngữ “phần phẳng” đề cập tới toàn bộ phần bề mặt của tấm thép ngoại trừ khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn của sản phẩm thép, và thuật ngữ “vùng xung quanh khu vực được hàn” đề cập tới khu vực ảnh hưởng nhiệt của sản phẩm thép trong suốt quy trình hàn, tự nó không bao gồm khu vực được hàn (phần kim loại được hàn), và thuật ngữ “vùng phía sau khu vực được hàn” đề cập tới phần bề mặt phía sau của sản phẩm thép đối diện khu vực được hàn được bố trí trên bề mặt phía trước của sản phẩm thép.

Sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế là tấm thép mạ kim loại nhúng nóng bao gồm sản phẩm thép và lớp mạ mà được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép và bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trong đó trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg phần diện tích của pha $MgZn_2$ là từ 45 đến 75%, tổng phần diện tích của pha $MgZn_2$ và các pha Al không ít hơn 70%, và phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ là từ 0 đến 5%; và lớp mạ có thành phần hoá học định trước.

Sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế là sản phẩm thép mạ kim loại nhúng nóng mà ít có khả năng trải qua LME và sự hình thành rỗ khí và có khả năng đạt được sự chống ăn mòn được nâng cao ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (các vùng xung quanh và phía sau các khu vực được hàn) do thành phần cấu tạo nêu trên. Sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế đã được phát minh bởi các kết quả sau đây.

Thứ nhất, để làm tăng khả năng hàn và sự chống ăn mòn của sản phẩm thép mạ kim loại, các biện pháp hàn khác nhau và ngoài ra sự tự nâng cao của kim loại hàn chủ yếu đã được kiểm tra trong quá khứ.

Mặt khác, các nhà sáng chế đã nỗ lực hết mình để phát triển lớp mạ có kết cấu mà cho phép khả năng hàn tốt nhất theo các điều kiện sử dụng thiết bị chung hoặc dây không gỉ chung như biện pháp hàn hoặc kim loại hàn, bằng cách định rõ thành phần cấu tạo của lớp mạ trong sản phẩm thép mạ kim loại. Tính đến nay, đã có rất ít kiến thức về kết cấu của lớp mạ mới có khả năng hàn tốt nhất, và khả năng hàn đã được nghiên cứu chỉ trong các sản phẩm thép mạ kim loại nhằm sử dụng trong các sản phẩm thương mại.

Tiếp theo, các nhà sáng chế đã tìm thấy các điểm sau đây: đối với sản phẩm thép mạ hợp kim kẽm nhúng nóng, sự lựa chọn cẩn thận các nguyên tố Al và Mg ở lớp mạ và điều khiển kết cấu hơn nữa của hợp kim tạo thành có thể làm tăng các phần của các pha $MgZn_2$ và Al cũng như làm giảm các phần của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ và pha Zn ở lớp mạ càng nhiều càng tốt, mà lần lượt cho phép làm giảm LME thậm chí ở lớp mạ chứa các kim loại như vậy chẳng hạn như Al và Mg, và ngoài ra cho phép làm giảm lượng Zn bị bốc hơi, dẫn đến sự chống ăn mòn được nâng cao ở

các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn nhờ giảm sự hình thành rỗ khí.

Theo đó, sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế đã được tìm thấy là sản phẩm thép mạ kim loại nhúng nóng mà ít có khả năng trải qua LME và sự hình thành rỗ khí và có khả năng đạt được sự chống ăn mòn được nâng cao ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn.

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

Sản phẩm thép được mạ sẽ được mô tả.

Sản phẩm thép không giới hạn ở hình dạng cụ thể, và các ví dụ về sản phẩm thép bao gồm các sản phẩm thép được đúc chẳng hạn như các ống thép, các vật liệu thép xây dựng (các ống cống bằng thép, các ống lượn sóng, các nắp thoát nước bằng thép, các màn hình điều khiển cát bằng thép, các bu lông, các hàng rào lưới thép, các rào chắn giao thông bằng thép, các tường chắn nước, v.v.), các thiết bị và các phụ kiện gia dụng (các vỏ dùng cho các bộ phận ngoài trời của các điều hoà không khí, v.v.), và các bộ phận và các phụ kiện ô tô (các bộ phận và các phụ kiện dùng cho các hệ thống treo, v.v.), ngoài các tấm thép. Các kỹ thuật biến dạng dẻo khác nhau chẳng hạn như, ví dụ, các kỹ thuật nén, tạo hình cuộn, và uốn có thể được sử dụng để đúc.

Sản phẩm thép không giới hạn ở vật liệu cụ thể. Các sản phẩm thép khác nhau chẳng hạn như, ví dụ, các sản phẩm thép nói chung, các sản phẩm thép mạ lót niken, các sản phẩm thép khử bằng nhôm, các sản phẩm thép cacbon siêu thấp, các sản phẩm thép cacbon cao, các loại sản phẩm thép cường độ cao khác nhau, và các phần của các sản phẩm thép hợp kim cao (chẳng hạn như các sản phẩm thép được làm giàu bằng các nguyên tố hợp kim chẳng hạn như Ni và Cr) có thể được sử dụng cho sản phẩm thép.

Sản phẩm thép được sản xuất mà không có các giới hạn cụ thể về các điều kiện và các phương pháp sản xuất thép dùng cho các phương pháp sản xuất tấm thép (chẳng hạn như phương pháp cuộn nóng, phương pháp tẩy axit, hoặc phương pháp cuộn lạnh) và tương tự.

Sản phẩm thép có thể là sản phẩm thép mạ lót kim loại mà đã được mạ trước.

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 tồn tại giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Nghĩa là, lớp mạ có thể có kết cấu lớp đơn bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg hoặc có thể có kết cấu cán mỏng bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp hợp kim Al-Fe. Trong trường hợp có kết cấu cán mỏng, lớp hợp kim Zn-Al-Mg sẽ là lớp mà cấu thành bề mặt của lớp mạ.

Tuy nhiên, màng mỏng của các oxit của các nguyên tố như các thành phần của lớp mạ được tạo nên có độ dày khoảng 50 nm trên bề mặt của lớp mạ, nhưng độ dày của màng mỏng rất mỏng so với toàn bộ độ dày của lớp mạ và do đó màng mỏng không được xem xét là nguyên tố cấu thành chính của lớp mạ.

Xét về vấn đề này, lớp hợp kim Zn-Al-Mg sẽ dày, ví dụ, từ 2 μm đến 95 μm (tốt hơn là từ 5 μm đến 75 μm).

Một mặt, toàn bộ độ dày của lớp mạ, ví dụ, không nhiều hơn khoảng 100 μm . Các giới hạn trên và dưới của toàn bộ độ dày của lớp mạ không giới hạn ở các trị số cụ thể bởi vì toàn bộ độ dày của lớp mạ thay đổi tùy thuộc vào các điều kiện mạ được sử dụng. Ví dụ, toàn bộ độ dày của lớp mạ bị ảnh hưởng bởi độ nhót và trọng lượng riêng của bề mạ trong các phương pháp mạ nhúng nóng thông thường. Hơn nữa, độ dày mạ được điều chỉnh bằng cách thay đổi tốc độ rút ra của tấm thép (tấm không mạ kim loại ban đầu) và độ mạnh của lực lau. Vì vậy, giới hạn dưới của toàn bộ độ dày của lớp mạ có thể được xem xét là khoảng 2 μm .

Mặt khác, độ dày của lớp mạ mà có khả năng được tạo nên bởi phương pháp mạ nhúng nóng là xấp xỉ 95 μm , tùy thuộc vào trọng lượng riêng và tính đồng nhất của kim loại mạ.

Do độ dày của lớp mạ có thể được điều chỉnh tự do bằng cách thay đổi tốc độ rút ra khỏi bể mạ và các điều kiện lau, cụ thể là không khó để tạo nên lớp mạ có độ dày từ 2 đến 95 μm .

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 là lớp có kết cấu mà chứa pha Al_5Fe là pha chính. Lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên bởi sự khuếch tán nguyên tử giữa thép nền (sản phẩm thép) và vật liệu nhôm trong bể mạ. Trong các trường hợp trong đó phương pháp mạ nhúng nóng được sử dụng như phương pháp chuẩn bị, lớp mạ chứa nguyên tố Al dễ bị biến đổi thành lớp hợp kim Al-Fe. Bởi vì nồng độ của Al được chứa trong bể mạ ở hoặc trên nồng độ nhất định, pha của Al_5Fe được tạo ra nhiều nhất. Tuy nhiên, sự khuếch tán nguyên tử yêu cầu nhiều thời gian và cũng khiến cho nồng độ Fe tăng lên ở một vài vùng gần thép nền. Vì vậy, lớp hợp kim Al-Fe có thể chứa một phần các lượng nhỏ của, ví dụ, các pha AlFe , Al_3Fe , và Al_5Fe_2 . Ngoài ra, lớp hợp kim Al-Fe chứa lượng nhỏ Zn bởi vì bể mạ chứa nồng độ nhất định của Zn.

Mức chống ăn mòn không khác nhau đáng kể trong số các pha Al_5Fe , Al_3Fe , AlFe , và Al_5Fe_2 . Sự chống ăn mòn như được mô tả ở đây đề cập tới sự chống ăn mòn của lớp mạ ở các vùng không bị ảnh hưởng do hàn. Lớp hợp kim Al-Fe có sự chống ăn mòn nhỏ hơn so với sự chống ăn mòn của lớp mạ và cũng có sự chống ăn mòn thấp

hơn so với sự chống ăn mòn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, và sự chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ do đó không bị thay đổi đáng kể ngay cả khi các phần của các pha này được thay đổi.

Trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa Si, Si dễ dàng có thể được đưa vào cụ thể vào lớp hợp kim Al-Fe để tạo nên các pha của các hợp chất Al-Fe-Si. Pha AlFeSi là một trong số các hợp chất được nhận dạng và các chất đồng phân của hợp chất bao gồm, ví dụ, các pha α -, β -, q1-, và q2-AlFeSi. Vì vậy, các pha AlFeSi, chẳng hạn như các pha nêu trên, có thể được phát hiện ở lớp hợp kim Al-Fe. Lớp hợp kim Al-Fe chứa, ví dụ, các pha AlFeSi đó cũng có thể được gọi là lớp hợp kim Al-Fe-Si.

Lớp hợp kim Al-Fe-Si cũng có độ dày nhỏ hơn so với độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và do đó có tác động thấp hơn tới sự chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ.

Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó sản phẩm thép mạ lót kim loại khác nhau được sử dụng như vật liệu cơ sở dùng cho sản phẩm thép mạ kim loại, kết cấu của lớp hợp kim Al-Fe có thể thay đổi tùy thuộc vào độ dày của lớp mạ lót. Các ví dụ cụ thể về kết cấu được thay đổi bao gồm kết cấu trong đó lớp của (các) kim loại nguyên chất được sử dụng để mạ lót được để lại xung quanh lớp hợp kim Al-Fe, kết cấu trong đó lớp hợp kim của các pha hợp chất liên kim loại (chẳng hạn như, ví dụ, pha Al_3Ni) được tạo nên bởi sự kết hợp của các thành phần của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và lớp mạ lót, kết cấu trong đó lớp hợp kim Al-Fe với sự thay thế của một vài trong số các nguyên tử Al và Fe được tạo nên, và kết cấu trong đó lớp hợp kim Al-Fe-Si với sự thay thế của một vài trong số các nguyên tử Al, Fe, và Si được tạo nên. Theo kết cấu bất kỳ, các lớp hợp kim này cũng có độ dày nhỏ hơn so với độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và do đó có tác động thấp hơn tới sự chống ăn mòn của toàn bộ lớp mạ.

Nghĩa là, lớp hợp kim Al-Fe bao gồm các lớp hợp kim theo các khía cạnh khác nhau nêu trên, ngoài lớp hợp kim chứa pha Al_5Fe là pha chính.

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

Nghĩa là, lớp hợp kim Al-Fe có thể không được tạo nên. Tuy nhiên, khi lớp mạ được tạo nên với thành phần mạ lót được định rõ theo sáng chế bởi phương pháp mạ lót nhúng nóng, lớp hợp kim Al-Fe có độ dày không ít hơn 100 nm thường 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 ở trị số cụ thể, và điều đã được nhận thấy rằng sự hình thành của lớp mạ nhúng nóng chứa Al cần được kèm theo bởi sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe, và điều đã được xác định thực nghiệm rằng độ dày khoảng 100 nm được xem xét là độ dày của lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên trong các điều kiện hà khắc nhất và là độ dày mà đảm bảo đủ sự bám dính của lớp mạ vào thép nền (sản

phẩm thép). Nếu các biện pháp cụ thể không được chấp nhận, khó để chuẩn bị lớp hợp kim Al-Fe có độ dày ít hơn 100 nm bởi phương pháp mạ lót nhúng nóng do nồng độ Al cao. Tuy nhiên, giả sử rằng các tính chất của lớp mạ không bị ảnh hưởng đáng kể ngay cả khi lớp hợp kim Al-Fe có độ dày ít hơn 100 nm hoặc thậm chí không có lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên.

Mặt khác, trong các trường hợp trong đó độ dày của lớp hợp kim Al-Fe là 5 μm hoặc nhiều hơn, lớp hợp kim Zn-Al-Mg được tạo nên trên lớp hợp kim Al-Fe có xu hướng bị thiếu nguyên tố Al và, hơn nữa, sự suy giảm nghiêm trọng về độ dính và khả năng xử lý của lớp mạ tạo thành. Vì vậy, lớp hợp kim Al-Fe có độ dày giới hạn không nhiều hơn 5 μm .

Nói chung là, các đối tượng kết cấu được hàn là các dạng kết cấu thích hợp được sản xuất nhờ sử dụng sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế và không nhất thiết cần để đảm bảo khả năng xử lý của lớp mạ. Vì vậy, sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế có thể là sản phẩm thép mạ kim loại có khả năng hàn tốt hơn so với khả năng hàn của các sản phẩm mạ hợp kim Zn-Al-Mg hiện thời và các sản phẩm mạ Zn nhúng nóng trong các ứng dụng giới hạn.

Tuy nhiên, khi khả năng xử lý nổi trội đạt được ở lớp mạ, sản phẩm thép mạ kim loại có thể được tạo nên thành các hình dạng khác nhau, chẳng hạn như các dạng hình tròn hoặc cong, và các sản phẩm thép mạ kim loại tạo thành có thể được sử dụng như các vật liệu hàn. Vì vậy, khả năng xử lý nổi trội tốt hơn là đạt được ở tấm thép mạ kim loại. Khả năng xử lý của lớp mạ có thể được đánh giá bằng cách nén tấm thép mạ kim loại có các tính chất mạ lót nổi trội thành dạng hình chữ V trong suốt thời gian thử nghiệm uốn chữ V trong các điều kiện làm việc lạnh và định lượng lượng các bụi được tạo nên trên đáy của máng chữ V.

[0036] Bởi vì lớp hợp kim Al-Fe thường chứa pha Al_5Fe là pha chính, thành phần bao gồm Fe: 25 đến 35%, Al: 65 đến 75%, Zn: 5% hoặc ít hơn, và các tạp chất: số dư có thể được chỉ báo là thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe.

Thông thường, độ dày của lớp hợp kim Zn-Al-Mg luôn luôn lớn hơn so với độ dày của lớp hợp kim Al-Fe, và lớp hợp kim Al-Fe do đó đóng góp ít hơn vào sự chống ăn mòn ở phần phẳng của tấm thép mạ kim loại so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Tuy nhiên, lớp hợp kim Al-Fe chứa các nồng độ nhất định hoặc cao hơn của các nguyên tố chống ăn mòn, Al và Zn, như được suy ra từ kết quả phân tích thành phần. Vì vậy, lớp hợp kim Al-Fe có các mức độ hiệu quả bảo vệ sự chống ăn mòn thay thế và hiệu quả rào cản ăn mòn nhất định trên thép nền (sản phẩm thép).

Xét về vấn đề này, khó để nhận dạng sự đóng góp duy nhất của lớp hợp kim Al-Fe có độ dày mỏng vào sự chống ăn mòn bởi phép đo định lượng. Tuy nhiên, trong

các trường hợp, ví dụ, trong đó lớp hợp kim Al-Fe có đủ độ dày, lớp hợp kim Zn-Al-Mg trên lớp hợp kim Al-Fe có thể là nền và được loại bỏ khỏi bề mặt của lớp mạ bởi, ví dụ, quy trình nghiền cuối, và sau đó được trải qua kiểm tra ăn mòn để đánh giá sự chống ăn mòn được cho là do mình lớp hợp kim Al-Fe. Bởi vì lớp hợp kim Al-Fe chứa thành phần Al và lượng nhỏ thành phần Zn, sự có mặt của lớp hợp kim Al-Fe gây ra sự hình thành của các vết gỉ đỏ, mà khác với sự hình thành của bề mặt gỉ đỏ hoàn toàn như được nhìn thấy trong thép nền không được mạ kim loại (sản phẩm thép) mà không có lớp hợp kim Al-Fe.

Ngoài ra, khi mặt cắt ngang của lớp mạ ngay trước khi sự hình thành gỉ đỏ trên thép nền (sản phẩm thép) trong kiểm tra ăn mòn, có thể được quan sát rằng lớp hợp kim Al-Fe vẫn còn nguyên và ngăn ngừa thép nền (sản phẩm thép) khỏi sự ăn mòn ngay cả khi sự hòa tan và sự gỉ của lớp hợp kim Zn-Al-Mg trên xảy ra. Điều này là bởi vì lớp hợp kim Al-Fe ưu tú hơn về mặt điện hóa so với lớp Zn-Al-Mg và ít ưu tú hơn so với thép nền (sản phẩm thép). Điều này có thể chỉ báo rằng lớp hợp kim Al-Fe cũng có mức chống ăn mòn nhất định.

Lớp hợp kim Al-Fe dày hơn tốt hơn về sự ăn mòn và có tác dụng trì hoãn sự hình thành gỉ đỏ. Tuy nhiên, độ dày lớn của lớp hợp kim Al-Fe gây ra sự suy giảm đáng kể về khả năng xử lý mạ lót và, vì vậy, lớp hợp kim Al-Fe tốt hơn là ở hoặc dưới độ dày nhất định.

Tấm thép mạ kim loại theo sáng chế có thể được tạo nên thành các hình dạng khác nhau trước khi được tạo nên thành các đối tượng kết cấu được hàn (nghĩa là, trước khi hàn). Vì vậy, độ dày của lớp hợp kim Al-Fe vẫn tốt hơn là ở hoặc dưới độ dày nhất định nhằm mục đích đảm bảo khả năng xử lý. Độ dày tốt nhất được nhận dạng về mặt khả năng xử lý và lớp hợp kim Al-Fe tốt hơn là dày không nhiều hơn 5 μm , mà làm giảm lượng các vết nứt hoặc các bụi được tạo nên từ lớp hợp kim Al-Fe trong, ví dụ, việc thử nghiệm uốn chữ V, và tốt hơn nữa là độ dày không nhiều hơn 2 μm .

So với lớp hợp kim Zn-Al-Mg, lớp hợp kim Al-Fe có độ dày nhỏ hơn và điểm nóng chảy cao hơn, mà cho phép Al được chứa như chất cấu thành chính để được bảo vệ khỏi sự bốc hơi trong hàn hồ quang và được duy trì, và vì vậy không liên quan đến lượng các rối khí được tạo ra hoặc LME. Ngoài ra, độ dày của lớp hợp kim Al-Fe có thể được tăng lên bởi sự kết hợp của thành phần Al từ lớp hợp kim Zn-Al-Mg ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn trước khi và sau khi hàn. Cụ thể là, chỉ lớp hợp kim Al-Fe có thể được tìm thấy trong các vùng trong đó nhiệt được đưa vào từ việc hàn thường xảy ra (chẳng hạn như các vùng phía sau các khu vực được hàn). Trong trường hợp này, lớp hợp kim Al-Fe có thể chứa các lượng nhỏ của các nguyên tố cấu thành của lớp mạ, chẳng hạn như Zn và Si, cũng như chứa Al, trong khi duy trì kết cấu tinh

thể của pha hợp chất liên kim loại Al-Fe. Trong các trường hợp trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg vẫn ở đó, hình cầu của pha hợp chất liên kim loại Al-Fe có thể được quan sát ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, với sự gia tăng độ dày của lớp hợp kim Al-Fe.

Lớp hợp kim Al-Fe có mức chống ăn mòn nhất định, như được nêu trên, và sự lựa chọn của lớp Zn-Al-Mg có khả năng giữ lại lớp hợp kim Al-Fe còn nguyên do đó quan trọng là đảm bảo sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Tuy nhiên, lớp hợp kim Al-Fe có thể được phát triển bởi nhiệt được đưa vào từ việc hàn và không cần có độ dày lớn trước.

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 duy trì gần giống các tỉ lệ thành phần của bề mạ lót. Bởi vì phản ứng để tạo nên lớp hợp kim Al-Fe bởi phương pháp mạ lót nhúng nóng xảy ra ở bề mạ lót, thông thường là việc giảm các thành phần Al và Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg do sự hình thành của lớp hợp kim Al-Fe khó xảy ra.

Lớp mạ có thành phần hoá học sau đây (trong các trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu lớp đơn bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg, thành phần hoá học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg; trong các trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu cán mỏng bao gồm lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, tổng thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg) để ngăn ngừa LME và sự hình thành rỗ khí và để nâng cao sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn.

Nghĩa là, lớp mạ sẽ có thành phần hoá học bao gồm, theo khối lượng,

Zn: từ nhiều hơn 44,90% đến ít hơn 79,90%;

Al: từ nhiều hơn 15% đến ít hơn 35%;

Mg: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 20%;

Ca: từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

Si: từ 0% đến 1,0%;

B: từ 0% đến 0,5%;

Y: từ 0% đến 0,5%;

La: từ 0% đến 0,5%;

Ce: từ 0% đến 0,5%;

Cr: từ 0% đến 0,25%;

Ti: từ 0% đến 0,25%;

Ni: từ 0% đến 0,25%;

Co: từ 0% đến 0,25%;
 V: từ 0% đến 0,25%;
 Nb: từ 0% đến 0,25%;
 Cu: từ 0% đến 0,25%;
 Mn: từ 0% đến 0,25%;
 Sr: từ 0% đến 0,5%;
 Sb: từ 0% đến 0,5%;
 Pb: từ 0% đến 0,5%;
 Sn: từ 0% đến 20,00%;
 Bi: từ 0% đến 2,0%;
 In: từ 0% đến 2,0%;
 Fe: từ 0% đến 5,0%; và
 các tạp chất.

Tuy nhiên, theo thành phần hoá học nêu trên, nhóm nguyên tố A gồm có Y, La, và Ce, và nhóm nguyên tố B gồm có Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn, và nhóm nguyên tố C gồm có Sr, Sb, và Pb, và nhóm nguyên tố D gồm có Sn, Bi, và In, và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0% đến 0,5%;

tổng hàm lượng của Ca và các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0% đến 0,25%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0% đến 0,5%; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D trong khoảng từ 0% đến 20%.

Theo thành phần hoá học của lớp mạ, Si, B, Y, La, Ce, Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, Mn, Sr, Sb, Pb, Sn, Bi, In, và Fe là các thành phần tùy chọn. Nghĩa là, các thành phần này có thể không được chứa ở lớp mạ. Trong các trường hợp trong đó các nguyên tố tùy chọn này được chứa, hàm lượng của mỗi nguyên tố tùy chọn tốt hơn là nằm trong khoảng được mô tả dưới đây.

Mỗi nguyên tố ở lớp mạ sẽ được mô tả dưới đây.

<Zn: từ nhiều hơn 44,90% đến ít hơn 79,90%>

Zn là nguyên tố được yêu cầu để tạo nên pha chính của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và được yêu cầu để được chứa ở hoặc trên nồng độ nhất định nhằm mục đích đảm bảo sự chống ăn mòn ở phần phẳng và sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (sự chống ăn mòn sau khi hàn) của sản phẩm thép mạ kim loại. Một mặt, nồng độ của Zn, mà là pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, liên quan chặt chẽ đến phạm vi ảnh hưởng của LME và lượng các lỗ khí được tạo ra.

Trong các trường hợp trong đó nồng độ Zn không nhiều hơn 44,9%, điều khó khăn là tấm thép mạ kim loại duy trì sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Các vùng không hàn được tạo nên ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (các vùng xung quanh và phía sau các khu vực được hàn) là kết quả của sự bốc hơi của lớp mạ bởi nhiệt được đưa vào từ việc hàn. Sự hình thành của các vùng như vậy tốt hơn là được giảm càng nhiều càng tốt bằng cách ngăn ngừa sự bốc hơi của lớp mạ. Các ví dụ về phương pháp ngăn ngừa sự bốc hơi của lớp mạ bao gồm phương pháp mà trong đó các nguyên tố có khả năng chống ăn mòn thay thế cao và có khả năng biến đổi pha Zn thành pha hợp chất liên kim loại ít bay hơi hơn khác được đưa vào trước vào lớp mạ (ví dụ, phương pháp ngăn ngừa sự ăn mòn ở các vùng bị bốc hơi của lớp mạ với các nguyên tố có khả năng chống ăn mòn thay thế cao, chẳng hạn như Mg và Ca), phương pháp chống ăn mòn mà trong đó các nguyên tố chống ăn mòn được đưa vào vào các oxit được tạo nên trong suốt thời gian bốc hơi, phương pháp mà trong đó pha hợp chất liên kim loại với sự chống ăn mòn cao (ví dụ, pha được tạo ra bởi sự kết hợp của nguyên tố Fe và thành phần bất kỳ của lớp mạ) được tạo ra nhờ sử dụng nhiệt được đưa vào từ việc hàn, và tương tự. Trong các trường hợp trong đó nồng độ Zn không nhiều hơn 44,90%, sự chống ăn mòn thay thế bị cản trở, mà khiến cho khó ngăn ngừa sự hình thành gỉ ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Vì vậy, nồng độ Zn nhỏ nhất sẽ trên 44,90%. Tốt hơn nữa là, nồng độ Zn nhỏ nhất là trên 65,00%.

Mặt khác, trong các trường hợp trong đó nồng độ Zn không ít hơn 74,90%, pha Zn được tăng lên một cách dễ dàng, mà khiến LME và sự hình thành lỗ khí xảy ra thường xuyên và có xu hướng suy giảm khả năng hàn. Tuy nhiên, thậm chí trong các trường hợp trong đó nồng độ Zn nằm trong khoảng từ 74,90% đến 79,90%, LME và sự hình thành lỗ khí có thể được giảm bằng cách đạt được trạng thái trong đó các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si tồn tại ở lớp mạ, như được mô tả dưới đây. Theo đó, nồng độ Zn lớn nhất sẽ dưới 79,90%.

<Al: từ nhiều hơn 15% đến ít hơn 35%>

Al cũng là nguyên tố được yêu cầu để tạo nên pha chính của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và được yêu cầu để được chứa ở hoặc trên nồng độ nhất định nhằm mục

đích đảm bảo sự chống ăn mòn ở phần phẳng và sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (sự chống ăn mòn sau khi hàn) của tấm thép mạ kim loại. Sự có mặt của Al làm tăng pha Al và làm giảm pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Vì vậy, sự gia tăng nồng độ Al có xu hướng cung cấp khả năng hàn tốt hơn. Các tác động của Al là để ngăn ngừa sự bốc hơi của lớp mạ bởi nhiệt được đưa vào từ việc hàn và để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn bởi việc tạo ra pha hợp chất liên kim loại Al-Fe (chẳng hạn như Al_3Fe , $AlFe$, Al_2Fe , hoặc pha Al_3Fe) với thành phần của thép nền (sản phẩm thép). Cụ thể là, trong các trường hợp trong đó độ dày của sản phẩm thép là nhỏ, Al sẽ được chứa ở lớp mạ để đảm bảo sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn trong đó lớp mạ bị bốc hơi hoàn toàn. Vì vậy, nồng độ Al sẽ trên 20%. Trong các trường hợp trong đó nồng độ Al không nhiều hơn 20%, lượng lớn nguyên tố Al được hòa tan trong pha Fe của thép nền bởi sự thêm vào nhiệt được đưa vào từ việc hàn và lớp hợp kim của hợp chất liên kim loại Al-Fe do đó trở nên mỏng hơn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn, sao cho hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn có thể không được mong muốn.

Tuy nhiên, thậm chí trong các trường hợp trong đó nồng độ Al nằm trong khoảng từ nhiều hơn 15 đến 20%, hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn có thể được đảm bảo ngay cả khi lớp hợp kim Al-Fe trở nên mỏng hơn, bằng cách đạt được trạng thái trong đó hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và các pha hợp chất Ca-Zn-Al-Si tồn tại ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, như được mô tả dưới đây.

Vì vậy, nồng độ Al nhỏ nhất sẽ trên 15%. Ngoài ra, hiệu quả chứa Ca được mô tả dưới đây cũng tốt hơn là được sử dụng kết hợp để đảm bảo sự chống ăn mòn tốt hơn so với sự chống ăn mòn của các sản phẩm mạ hợp kim Zn-Al-Mg hiện thời ở các vùng phía sau các khu vực được hàn.

Mặt khác, sự gia tăng nồng độ Al gây ra suy giảm nghiêm trọng khả năng chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Vì vậy, nồng độ Al lớn nhất sẽ dưới 35%. Trong các trường hợp đặt tầm quan trọng vào sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn, nồng độ Al lớn nhất tốt hơn nữa là dưới 30%.

<Mg: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 20%>

Mg cũng là nguyên tố được yêu cầu để tạo nên pha chính của lớp hợp kim Zn-Al-Mg và được yêu cầu để được chứa ở hoặc trên nồng độ nhất định nhằm mục đích đảm bảo sự chống ăn mòn ở phần phẳng và sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (sự chống ăn mòn sau khi hàn) của tấm thép mạ kim loại. Khi Mg

được chứa ở lớp mạ, tác động tương tự tới đó được gây ra bởi Zn đạt được. Việc nâng cao của sự chống ăn mòn thay thế do sự có mặt của pha Mg có thể được mong muốn.

Mặt khác, thường được xem xét rằng LME dễ thấy hơn bởi sự kết hợp của pha Mg vào lớp mạ bởi vì magiê là kim loại có áp suất hơi thấp, tương tự như Zn. Ngoài ra, sự kết hợp của pha Mg dẫn đến việc giảm khả năng hàn, và các dây trợ dung khác nhau đã được phát triển để giải quyết việc giảm khả năng hàn, như được nêu trên.

Tuy nhiên, sự lựa chọn cẩn thận nồng độ Mg ngăn ngừa LME khỏi được tăng cao lên. Thông thường, LME chắc chắn là được tăng cao lên bởi sự có mặt của pha Mg ở nồng độ nằm trong khoảng từ 0 đến 5%, nhưng LME và ngoài ra sự hình thành rỗ khí được giảm thêm bởi sự có mặt của pha Mg ở nồng độ nhiều hơn 5% so với nồng độ được thấy trong các sản phẩm thép mạ Zn thông thường, dẫn đến sự hình thành của dạng thức ưu tiên của lớp mạ. Nồng độ Mg nằm trong khoảng từ 0 đến 3% khiến điểm nóng chảy của lớp mạ giảm và pha chất lỏng tạo thành trở nên ổn định hơn, trong khi nồng độ Mg nằm trong khoảng từ 3 đến 5% khiến điểm nóng chảy của lớp mạ bắt đầu tăng và, hơn nữa, nồng độ Mg nhiều hơn 5% làm tăng tốc độ gia tăng điểm nóng chảy, mà cản trở việc tạo ra pha chất lỏng từ lớp mạ và, hơn nữa, sự bốc hơi của lớp mạ. Theo đó, phần của pha $MgZn_2$, mà có khả năng hàn tốt hơn so với phần của pha Zn, được tăng lên bởi sự có mặt của pha Mg ở nồng độ nằm trong khoảng từ nhiều hơn 5 đến ít hơn 20% và khả năng hàn do đó được nâng cao. Nghĩa là, LME và sự hình thành rỗ khí được giảm.

Cụ thể là, nồng độ Mg nhiều hơn 10% được ưu tiên bởi vì xu hướng tạo nên một cách dễ dàng oxit bởi sự thêm vào nhiệt được đưa vào từ việc hàn được ứng dụng để tạo nên lượng MgO lớn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn và để nâng cao sự chống ăn mòn. Tuy nhiên, nồng độ Mg không ít hơn 20% khiến gia tăng độ nhớt của bề mạ và cản trở sự hình thành của lớp mạ, và cũng dẫn đến các tính chất mạ được điều chỉnh và sự tách ra dễ dàng của lớp mạ. Theo đó, nồng độ Mg lớn nhất sẽ dưới 20%.

<Ca: từ 0,1% đến ít hơn 3,0%>

Ca được chứa ở lớp mạ dẫn đến việc tạo ra gỉ được tăng lên với sự gia tăng nồng độ của Mg trong suốt thời gian thao tác mạ và làm tăng năng suất mạ. Cụ thể là khi nồng độ của Mg cao, hiệu quả thao tác mạ nói chung là kém; vì vậy, nồng độ của Ca tốt hơn là được điều chỉnh để thỏa mãn biểu thức: $0,15 + 1/20 * Mg < Ca$ (tuy nhiên, ký hiệu dùng cho mỗi nguyên tố trong biểu thức biểu diễn hàm lượng của nguyên tố tính bằng phần trăm theo khối lượng) trong các trường hợp trong đó nồng độ Mg là trên 7%.

Ngoài ra, Ca được chứa ở lớp mạ tạo ra pha hợp chất liên kim loại có Al và Zn.

Trong các trường hợp trong đó Si còn được chứa ở lớp mạ cùng với Ca, Ca tạo ra pha hợp chất liên kim loại có Si. Các pha hợp chất liên kim loại này đều có kết cấu ổn định với điểm nóng chảy cao và do đó có tác động tới việc ngăn ngừa sự bốc hơi nhiệt của Zn trong suốt thời gian hàn, mà được cho là do sự có mặt của Ca. Tác động của Ca xuất hiện ở nồng độ không ít hơn 0,1%, dẫn đến việc giảm LME và lượng các rỗ khí được tạo ra và cũng làm tăng lượng lớp mạ còn lại còn nguyên ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Trong các trường hợp trong đó Ca không được chứa ở lớp mạ, sự suy giảm nghiêm trọng khả năng hàn có xu hướng xảy ra. Nghĩa là, xu hướng của LME và sự hình thành rỗ khí là rõ ràng. Theo đó, nồng độ Ca nhỏ nhất sẽ không ít hơn 0,1%.

Canxi oxit được tạo nên trong suốt thời gian hàn từ mỗi trong số các pha hợp chất liên kim loại chứa Ca bởi vì Ca là nguyên tố dễ dàng bị oxy nhất trong số tất cả các nguyên tố cấu thành của lớp mạ. Lớp oxit chứa canxi oxit vẫn trên lớp hợp kim Al-Fe ở các vùng phía sau các khu vực được hàn trong khi duy trì mức bám dính đủ, và nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn. Thông thường, các oxit và tương tự (dấu vết của các luồng khói) được tạo nên trên lớp mạ không chứa Ca ở các vùng phía sau các khu vực được hàn sẽ được loại bỏ và khó được để lại trên lớp hợp kim Al-Fe khi được lau sạch với miếng giẻ hoặc tương tự. Tuy nhiên, trong các trường hợp trong đó canxi oxit được chứa ở lớp oxit, lớp oxit không được loại bỏ một cách dễ dàng nhưng được để lại trên lớp hợp kim Al-Fe ở trạng thái dày đặc. Ngoài ra, lớp oxit chứa canxi oxit tương đối không hoà tan trong, ví dụ, dung dịch trung tính hoặc nước cơ bản.

Lớp oxit còn lại trên lớp hợp kim Al-Fe sau khi hàn thường chứa các nguyên tố chẳng hạn như Zn và Mg, ngoài Ca, và thỉnh thoảng còn chứa lượng nhỏ Si. Lớp oxit tồn tại như pha hợp chất của các oxit này. Để nhận được các tác động của lớp oxit còn lại, các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si sẽ được tạo nên ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Đối với việc tạo ra các pha hợp chất liên kim loại này, Ca được yêu cầu để được chứa ở lớp mạ có nồng độ không ít hơn 0,1%. Nồng độ Ca càng cao, nồng độ của canxi oxit được chứa ở lớp oxit càng cao. Canxi oxit có tác động tới sự bám dính của lớp oxit nhưng chỉ có tác động không đáng kể tới sự chống ăn mòn của lớp oxit.

Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó Si được chứa ở lớp mạ cùng với Ca, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si có thể được tạo ra như pha chứa Si, ngoài việc tạo ra pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, và sự chống ăn mòn có xu hướng được nâng cao. Tuy nhiên, sự có mặt của các lượng lớn các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si ở lớp mạ gây ra xu hướng suy giảm sự chống ăn mòn thậm chí ở phần phẳng cũng như suy giảm sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu

vực được hàn. Ngoài ra, sự có mặt của các hợp chất liên kim loại như vậy dẫn đến sự gia tăng gỉ và sự suy giảm các tính chất mạ. Vì vậy, nồng độ Ca nhiều nhất sẽ dưới 3,0%.

Tiếp theo, các nguyên tố tùy chọn trong thành phần hoá học của lớp mạ sẽ được mô tả. Việc chấp nhận các nguyên tố khác nhau vào lớp mạ có thể truyền khả năng hàn và các dấu hiệu khác tới lớp mạ.

<Si: từ 0,1% đến 1,0%>

Si được chứa ở lớp mạ tạo ra pha hợp chất liên kim loại có Mg (ví dụ, pha Mg_2Si). Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó Ca cũng được chứa, các pha hợp chất liên kim loại Ca-Si (pha Ca_2Si , pha $CaSi$, và tương tự) cũng được tạo ra bởi độ mạnh liên kết mạnh giữa Si và Ca. Tuy nhiên, trong các trường hợp trong đó Si được chứa ở nồng độ cao hơn so với nồng độ của Ca, pha Mg_2Si vẫn được tạo ra. Ngoài ra, pha hợp chất liên kim loại Mg-Al-Si, mặc dù với số lượng nhỏ, có thể được tạo ra. Trong các trường hợp trong đó Ca và Si được sử dụng kết hợp, Ca tốt hơn là được chứa ở nồng độ bằng hoặc hơn hai lần nồng độ Si. Nồng độ Ca càng cao, hàm lượng của Mg_2Si được tạo ra càng thấp.

Ngoài ra, điều được mong muốn là pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si được tạo ra ở lớp mạ chứa các lượng lớn Al và Zn. Tuy nhiên, hợp chất liên kim loại không được nhận dạng cụ thể nhờ sử dụng các cơ sở dữ liệu thông thường chẳng hạn như JCPDS và các phần chi tiết của hợp chất liên kim loại không được biết đến. Si có thể được đưa vào vào hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al chẳng hạn như Al_2CaZn_2 , mà không tạo nên cấu trúc tinh thể rắn, để tạo nên dung dịch rắn xen kẽ. Tác động của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si, cụ thể là tác động của sự sử dụng kết hợp Ca và Si, để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn. Các tác động này khó nhận được từ pha Mg_2Si hoặc pha $MgAlSi$. Tiếp theo, nồng độ Si nhỏ nhất tốt hơn là không ít hơn 0,1% về mặt thu nhận tác động này.

Các sự gia tăng của pha Mg_2Si , pha $MgAlSi$, và pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si được kèm theo bởi sự có mặt của Si trong bề mạ không mong muốn về mặt hiệu quả thao tác bởi vì sự gia tăng độ nhớt của bề mạ. Ngoài ra, sự tương tác giữa các nguyên tử Si và Ca dẫn đến việc tạo ra Ca_2Si , $CaSi$, hoặc pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si với lượng lớn. Do đó, việc nâng cao hiệu quả thao tác bởi sự có mặt của Ca không được mong muốn và các tính chất mạ nổi trội vì vậy khó nhận được. Theo đó, nồng độ Si lớn nhất sẽ không nhiều hơn 1,0%.

<B: từ 0,05% đến 0,5%>

B được chứa ở lớp mạ có tác động làm giảm LME. Giả sử rằng B được chứa ở nồng độ không ít hơn 0,05% phản ứng với các nguyên tố Zn, Al, Mg, và Ca ở lớp mạ

để tạo ra các pha hợp chất liên kim loại khác nhau. Cụ thể là, bo có ái lực mạnh đối với Ca, mà gây ra xu hướng tạo ra pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B, chẳng hạn như pha Al_2CaB_5 (xem Fig.4). Tiếp theo, pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B được tạo ra được xem xét để có tác động làm giảm LME. Theo đó, nồng độ B nhỏ nhất tốt hơn là không ít hơn 0,05%.

Các đỉnh của các hợp chất liên kim loại tạo thành từ sự có mặt của B được quan sát ở $31,0^\circ$, $33,5^\circ$, và $35,2^\circ$ trong các mẫu nhiễu xạ tia x từ bề mặt của “lớp mạ” được thử nghiệm nhờ sử dụng đích Cu, mặc dù các đỉnh này không được tìm thấy trong dữ liệu hợp chất liên kim loại hiện thời (JCPDS). Từ kết quả phân tích, hợp chất liên kim loại của $\text{CaAl}_{(2 \text{ đến } 4)}\text{B}_{(5 \text{ đến } 7)}$ mà chứa B ở nồng độ không ít hơn 40% theo nguyên tử đã được nhận dạng là ví dụ về hợp chất liên kim loại. Ngoài ra, từ các tín hiệu của Zn và Mg được phát hiện đồng thời trong phổ EDS, hợp chất liên kim loại cũng được xem xét là hợp chất liên kim loại Ca-Al-B với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg (ví dụ, hợp chất liên kim loại Ca-Al-B mà trong đó một vài trong số các nguyên tử Ca và Al lần lượt được thay thế bởi các nguyên tử Mg và Zn). Cũng được xem xét rằng bo có thể tồn tại như các sản phẩm thay thế Ca, Zn, chẳng hạn như các pha MgB_7 , MgB_4 , MgB_2 , Al_2B_3 , AlB_2 , AlB_{12} , $(\text{Al,Mg})\text{B}_2$, và AlMgB_{14} , ngoài pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B.

Ngoài ra, sự có mặt của B được xem xét để có tác động làm giảm LME bởi sự khuếch tán của B từ lớp mạ đến thép nền và sự thay đổi độ nhay tạo thành của sản phẩm thép tới LME nhờ tăng cường biên hạt. Ngoài ra, sự có mặt của B được xem xét để có các tác động làm giảm việc biến đổi của pha Zn thành pha lỏng và sự bốc hơi tiếp theo bởi sự thêm vào điểm nóng chảy khá cao của hợp chất liên kim loại được tạo ra, ngoài tác động nêu trên.

Sự có mặt của B trong bề mạ dẫn đến sự gia tăng mạnh điểm nóng chảy của lớp mạ và sự suy giảm năng suất mạ, mà lần lượt cản trở việc sản xuất các sản phẩm thép mạ kim loại có các tính chất mạ nổi trội. Vì vậy, nồng độ B lớn nhất sẽ không nhiều hơn 0,5%.

<Nhóm nguyên tố A (Y, La, Ce): từ 0,05% đến 0,5%>

Y, La, và Ce trong nhóm nguyên tố A là các nguyên tố mà đóng vai trò gần như giống với vai trò của Ca. Điều này là do các nguyên tố này có bán kính nguyên tử sát với bán kính nguyên tử của Ca. Khi bất kỳ trong số các nguyên tố này được chứa ở lớp mạ, nguyên tố có thể thay thế các vị trí của Ca và được phát hiện ở cùng vị trí như vị trí của Ca bởi phân tích EDS. Thậm chí sau khi các nguyên tố này bị oxy hoá để tạo nên các oxit bằng cách hàn, các oxit này được phát hiện ở cùng vị trí như vị trí của CaO. Khi các nguyên tố này được chứa ở nồng độ của tổng cộng không ít hơn 0,05%,

sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn được nâng cao. Điều này chỉ báo rằng sự chống ăn mòn của các oxit này cao hơn so với sự chống ăn mòn của CaO. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A tốt hơn là không ít hơn 0,05%. Hơn nữa, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A cũng tốt hơn là không ít hơn 0,05%.

Mặt khác, trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa nguyên tố bất kỳ của nhóm nguyên tố A có lượng quá mức được mong muốn, sự gia tăng độ nhớt của bề mạ sẽ xảy ra. Vì vậy, thậm chí việc chuẩn bị bề mạ thường khó khi tổng nồng độ của các nguyên tố của nhóm nguyên tố A nhiều hơn 0,5%, mà cản trở việc sản xuất các sản phẩm thép mạ kim loại có các tính chất mạ nổi trội. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A sẽ không nhiều hơn 0,5%. Hơn nữa, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A cũng sẽ không nhiều hơn 0,5%.

Các nguyên tố của nhóm nguyên tố A có vai trò chính là các nguyên tố thay thế cho Ca và tổng nồng độ của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A do đó được yêu cầu thấp hơn so với nồng độ Ca. Vì vậy, tổng hàm lượng của Ca và các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A sẽ từ 0,1% đến ít hơn 3,0%.

<Nhóm nguyên tố B (Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, Mn): từ 0,05% đến 0,25%>

Khi các nguyên tố của nhóm nguyên tố B được chứa ở lớp mạ có tổng hàm lượng không ít hơn 0,05%, các nguyên tố này được đưa vào vào lớp hợp kim Al-Fe trong suốt thời gian hàn. Sự có mặt của các nguyên tố của nhóm nguyên tố B ở lớp hợp kim Al-Fe nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn. Sự kết hợp của các nguyên tố của nhóm nguyên tố B được xem xét để nâng cao tính chất cách nhiệt của lớp hợp kim Al-Fe. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B tốt hơn là không ít hơn 0,05%. Ngoài ra, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B cũng tốt hơn là không ít hơn 0,05%.

Mặt khác, trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa nguyên tố bất kỳ của nhóm nguyên tố B có lượng quá mức được mong muốn, việc tạo ra các pha hợp chất liên kim loại khác nhau và sự gia tăng độ nhớt sẽ xảy ra. Bởi vì vấn đề này, thậm chí việc chuẩn bị bề mạ thường khó khi hàm lượng của các nguyên tố của nhóm nguyên tố B riêng hoặc chung nhiều hơn 0,25%, mà cản trở việc sản xuất các tấm thép mạ kim loại có các tính chất mạ nổi trội. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B sẽ không nhiều hơn 0,25%. Hơn nữa, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B cũng sẽ không nhiều hơn 0,25%.

Trong các trường hợp trong đó các nguyên tố của các nhóm nguyên tố A và B

được sử dụng kết hợp, khó xác định nhóm của các nguyên tố nào hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn được quy cho.

<Nhóm nguyên tố C (Sr, Sb, Pb): từ 0,05% đến 0,5%>

Khi các nguyên tố của nhóm nguyên tố C được chứa ở lớp mạ có tổng hàm lượng không ít hơn 0,05%, bề ngoài của lớp mạ tạo thành được thay đổi, mà trong đó sự hình thành của vảy kim loại và bề ngoài ánh kim được nâng cao được quan sát. Không có sự thay đổi về khả năng hàn xảy ra. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C tốt hơn là không ít hơn 0,05%. Tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C cũng tốt hơn là không ít hơn 0,05%.

Mặt khác, trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa nguyên tố bất kỳ của nhóm nguyên tố C với lượng nhiều hơn 0,5% được mong muốn, việc tạo ra gỉ trong bể mạ sẽ được tăng lên. Vì vậy, thậm chí việc chuẩn bị bể mạ thường khó, mà cản trở việc sản xuất các sản phẩm thép mạ kim loại có các tính chất mạ nổi trội. Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C sẽ không nhiều hơn 0,5%. Hơn nữa, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C cũng sẽ không nhiều hơn 0,5%.

Cd cũng tự nhiên là nguyên tố được bao gồm trong nhóm nguyên tố C và có thể được phát hiện như tạp chất (có hàm lượng ít hơn 0,1%) trong Zn và Pb, nhưng điều này chưa được xác nhận xem sự có mặt của nguyên tố này ở lớp mạ có các tác động tới sự hình thành vảy kim loại và tương tự hay không.

<Nhóm nguyên tố D (Sn, Bi, In): 0,05% đến 20,00%; tuy nhiên, Bi: từ 0,05% đến 2,0%, In: từ 0,05% đến 2,0%>

Khi các nguyên tố của nhóm nguyên tố D được chứa ở lớp mạ có tổng hàm lượng không ít hơn 0,05%, các pha hợp chất liên kim loại mới chẳng hạn như các pha Mg_2Sn , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In được tạo ra và được phát hiện trong việc phát hiện lớp mạ. Nguyên tố bất kỳ của nhóm nguyên tố D không tạo ra pha hợp chất liên kim loại bất kỳ có một trong hai nguyên tố Zn và Al, mà là các nguyên tố cấu thành chính của lớp mạ, nhưng tạo ra pha hợp chất liên kim loại bất kỳ chỉ có Mg. Bởi vì các pha hợp chất liên kim loại mới này được tạo ra, đó là các nguyên tố mà dẫn đến sự thay đổi lớn về khả năng hàn của lớp mạ. Trong số các nguyên tố đó, Sn là kim loại có điểm nóng chảy thấp và có thể được chứa mà không ảnh hưởng các tính chất của bể mạ. Khi các nguyên tố của nhóm nguyên tố D được chứa ở nồng độ cao hơn, các lượng lớn hơn của các pha hợp chất liên kim loại này được tạo ra.

Thứ nhất, bất kỳ trong số các pha hợp chất liên kim loại có điểm nóng chảy cao và do đó vẫn là pha hợp chất liên kim loại mà không bị bốc hơi thậm chí sau khi

hàn. Mg, mà ban đầu dễ bị oxy hoá để tạo nên MgO bởi nhiệt hàn, không bị oxy hoá khi nó tạo ra các pha hợp chất liên kim loại có Sn, Bi, và In, và Mg trong các pha hợp chất liên kim loại tạo thành được để lại một cách dễ dàng ở lớp mạ. Sự có mặt của các nguyên tố này làm tăng sự chống ăn mòn/sự chống ăn mòn thay thế và nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Mặc dù $MgZn_2$ tương tự là hợp chất dựa trên Mg, các hợp chất liên kim loại này có hiệu quả chống ăn mòn thay thế tốt hơn.

Theo đó, hàm lượng của mỗi nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D tốt hơn là không ít hơn 0,05%. Ngoài ra, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D cũng tốt hơn là không ít hơn 0,05%.

Mặt khác, nguyên tố bất kỳ của nhóm nguyên tố D, chủ yếu là Sn, có thể được chứa ở nồng độ lên đến 20,00%. Trong các trường hợp trong đó nồng độ Sn nhiều hơn 20,00%, phần của pha Mg_2Sn được tăng lên và sự suy giảm khả năng chống ăn mòn xảy ra mạnh sau khi hàn. Ngoài ra, điều tương tự xảy ra khi tổng hàm lượng của Sn, Bi và In nhiều hơn 20,00%. Điều này là bởi vì Zn ban đầu thể hiện dưới dạng của pha $MgZn_2$ chuyển thành pha Zn với sự gia tăng Mg_2Sn , mà làm tăng thêm LME và sự hình thành rỗ khí. Theo đó, hàm lượng của Sn sẽ không nhiều hơn 20,00%. Ngoài ra, tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D cũng sẽ không nhiều hơn 20,00%.

Ngoài ra, lớp mạ chứa Bi hoặc In có lượng quá mức bị dòn và được loại bỏ một cách dễ dàng, dẫn đến các tính chất mạ kém. Hơn nữa, sự suy giảm khả năng chống ăn mòn xảy ra mạnh sau khi hàn. Vì vậy, các hàm lượng của Bi và In đều không nhiều hơn 2,0%.

<Fe: từ 0% đến 5,0%>

Fe được đưa vào vào lớp mạ như một tạp chất khi lớp mạ được tạo nên. Lớp hợp kim Al-Fe càng dày, nồng độ Fe có xu hướng càng cao; hàm lượng của Fe có thể lên đến khoảng 5,0%. Trong các trường hợp trong đó lớp mạ được tạo nên bởi phương pháp mạ nhúng nóng điển hình, hàm lượng của Fe thường ít hơn 1%. Trong các trường hợp trong đó bề mạ mới được chuẩn bị, nồng độ của Fe trong bề mạ dần dần được tăng lên bởi việc ứng dụng sản phẩm không mạ kim loại ban đầu (ví dụ, tấm không mạ kim loại ban đầu). Theo đó, sự gia tăng dần nồng độ Fe của bề mạ có thể được ngăn ngừa bằng cách bổ sung Fe vào bề mạ trước tới nồng độ quá bão hoà của khoảng 0,5%.

<Các tạp chất>

Các tạp chất đề cập tới các thành phần được chứa trong các vật liệu thô hoặc bị nhiễm bẩn trong suốt thời gian quy trình sản xuất, trong đó các thành phần không được dự định để được đưa vào. Ví dụ, sự khuếch tán nguyên tử giữa sản phẩm thép (thép

nền) và các vật liệu trong bể mạ có thể dẫn đến lớp mạ chứa các lượng nhỏ của các thành phần khác ngoài Fe như các tạp chất.

<Thành phần hoá học ưu tiên>

Tốt hơn là, trong thành phần hoá học của lớp mạ, hàm lượng của Al từ nhiều hơn 22% đến ít hơn 35%, và hàm lượng của Mg từ nhiều hơn 10% đến ít hơn 20%, và hàm lượng của Ca từ 0,3% đến ít hơn 3,0%, và hàm lượng của Si từ 0,1% đến 1,0%. Ngoài ra, hàm lượng của Ca tốt hơn là bằng hoặc hơn hai lần hàm lượng của Si. Khi nồng độ của mỗi trong số các nguyên tố Al, Mg, Ca và Si nằm trong khoảng tương ứng được định rõ ở trên, các pha hợp chất liên kim loại khác nhau nêu trên được tạo ra một cách dễ dàng và các tác động làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí và để nâng cao sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn được nâng cao.

Ngoài ra, hàm lượng của Al có thể từ nhiều hơn 15% đến 22%, hoặc từ nhiều hơn 15% đến 20%. Nồng độ Al được giảm dẫn đến việc nâng cao sự chống ăn mòn sau khi mạ.

Nhiều trong số các đối tượng kết cấu được hàn được mạ sau khi hàn. Trong các trường hợp trong đó các khu vực được hàn được để lộ ra tới bên ngoài, các vùng xung quanh các khu vực được hàn dễ bị gỉ đỏ sớm, và việc mạ bất kỳ vì vậy tốt hơn là được áp dụng để đảm bảo sự chống ăn mòn ở các khu vực được hàn. Khi vùng xung quanh khu vực được hàn được mạ bằng cách, ví dụ, mạ điện và động thái của sự hình thành gỉ đỏ bắt đầu từ khu vực được hàn sau đó được quan sát, sự tương quan được quan sát giữa nồng độ Al và sự chống ăn mòn sau khi mạ. Trong các trường hợp trong đó khu vực được hàn được mạ, mức chống ăn mòn đủ sau khi mạ đạt được ở khu vực được hàn ngay cả khi nồng độ Al nhiều hơn 22%. Tuy nhiên, từ sự quan sát về động thái của sự hình thành gỉ đỏ bắt đầu từ vùng xung quanh khu vực được hàn, nồng độ Al tốt hơn là không nhiều hơn 22%, tốt hơn nữa là không nhiều hơn 20%, về mặt ngăn ngừa sự hình thành gỉ đỏ từ vùng xung quanh khu vực được hàn. Điều này được giả sử bởi vì sự chống ăn mòn sau khi mạ bị ảnh hưởng bởi sự bám dính của bề mặt kim loại của lớp mạ vào màng mỏng mạ và sự chuẩn bị bề mặt, mà ảnh hưởng sự bám dính tới màng mỏng mạ, hiệu quả hơn trên lớp mạ có nồng độ Al thấp hơn.

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

Lớp hợp kim Zn-Al-Mg là lớp chủ yếu được bao gồm hai pha, cụ thể là các pha $MgZn_2$ và Al. Lớp hợp kim Zn-Al-Mg không chứa hoặc có ít kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$. Lớp hợp kim Zn-Al-Mg ngoài ra có thể chứa pha Zn, các pha hợp chất liên kim loại, và tương tự.

[0091] Cụ thể là, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, phần diện tích của pha $MgZn_2$ là từ 45 đến 75%, tổng phần diện tích của các pha $MgZn_2$ và Al không ít

hơn 70%, và phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ là từ 0 đến 5%. Hơn nữa, phần diện tích của pha Zn tốt hơn là ít hơn 25%, tốt hơn nữa là ít hơn 10%.

Lý do để định rõ phần diện tích của mỗi pha sẽ được mô tả dưới đây.

Thứ nhất, pha MgZn₂ sẽ được mô tả.

Khi pha MgZn₂ được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, sự chống ăn mòn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nâng cao. Pha MgZn₂ là pha hợp chất liên kim loại có tính chất cách nhiệt nổi trội và vì vậy cung cấp sự chống ăn mòn cao hơn so với sự chống ăn mòn của pha Zn. Ngoài ra, bởi vì Mg được chứa như nguyên tố cấu thành, pha MgZn₂ có khả năng ăn mòn thấp hơn so với khả năng ăn mòn của pha Zn và đạt được khả năng chống ăn mòn thay thế nổi trội, và thuận lợi là pha mà nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Ngoài ra, Mg được hòa tan trong suốt quá trình ăn mòn có tác động tới việc sản xuất sản phẩm ăn mòn ở trạng thái dày đặc, mà có tác động ngăn ngừa sự hình thành gỉ đỏ ở mức cao hơn so với mức của sản phẩm ăn mòn được sản xuất bởi một mình pha Zn nhưng có thể dẫn đến sự duy trì dài hạn của gỉ trắng.

Đối với khả năng hàn, pha MgZn₂ đóng vai trò quan trọng. Các nguyên tử Zn dễ bị bốc hơi trong các trường hợp trong đó các nguyên tử đó có mặt như pha Zn. Tuy nhiên, các nguyên tử Zn ít dễ bị bốc hơi hơn trong các trường hợp trong đó các nguyên tử đó có mặt như pha MgZn₂. Thứ nhất, pha MgZn₂ bị bốc hơi ở vùng (chẳng hạn như vùng phía sau khu vực được hàn) ở nhiệt độ trên 1000°C và tạo nên các lượng lớn của các oxit, MgO và ZnO. Các hợp chất liên kim loại này được kết tủa trên lớp hợp kim Al-Fe ở vùng phía sau khu vực được hàn nhờ oxit của Ca, CaO, để nâng cao sự chống ăn mòn ở vùng phía sau khu vực được hàn. Ngoài ra, pha MgZn₂ bị nóng chảy ở vùng (chẳng hạn như vùng xung quanh khu vực được hàn) ở nhiệt độ từ 1000°C đến 500°C nhưng có thể vẫn ở đó mà không có bị bốc hơi.

Ngoài ra, pha MgZn₂ còn lại sau khi hàn là pha MgZn₂ ban đầu tồn tại ở dạng cỡ lớn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Thông thường, pha MgZn₂ ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Tuy nhiên, nồng độ của Mg thấp trong một trong hai trường hợp và pha MgZn₂ có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg tồn tại như kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ và phần của pha MgZn₂ dưới dạng cỡ lớn theo kết cấu mặt cắt tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg nhỏ như ít hơn 5% (xem Fig.1).

Nghĩa là, pha MgZn₂ còn lại sau khi hàn khác với pha MgZn₂ nguyên chất trong kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ được kết tủa bởi phản ứng eutecti. Nói cách khác, pha MgZn₂ còn lại sau khi hàn (pha MgZn₂ mà phần diện tích của nó được định rõ theo sáng chế) là pha MgZn₂ được kết tủa không dưới dạng của kết cấu

eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ nhưng như pha rắn đơn.

Kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ bị bốc hơi một cách dễ dàng trong suốt thời gian hàn và không thể để lại các nguyên tố chẳng hạn như Mg và Zn trên các vùng xung quanh các khu vực được hàn. Mặt khác, pha MgZn₂ dưới dạng cỡ lớn có thể được để lại trên các vùng xung quanh các khu vực được hàn.

Ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của ví dụ đại diện về lớp mạ theo sáng chế được thể hiện trên Fig.2. Như được thể hiện trên Fig.2, nhiều hạt cỡ lớn của pha MgZn₂ được quan sát ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, mà được đưa vào cùng nhau để tạo nên các hạt thô của pha MgZn₂. Trong các trường hợp trong đó lượng pha MgZn₂ còn lại được tăng lên sau khi hàn được mong muốn, tốt hơn là các hạt của pha MgZn₂ được đưa vào cùng nhau để tạo nên các hạt thô.

Sự có mặt của pha MgZn₂ dưới dạng cỡ lớn cản trở sự bốc hơi của Zn và làm giảm LME và lượng các rỗ khí được tạo ra. Các tác động này cũng liên quan đến phần của pha Zn và các phần chi tiết của các tác động sẽ được mô tả dưới đây.

Theo đó, phần diện tích của pha MgZn₂ sẽ từ 45 đến 75%, tốt hơn là từ 55 đến 75%, để làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí.

Tiếp theo, pha Al sẽ được mô tả.

Pha Al bao gồm pha α của Al (pha α điển hình) mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ từ khoảng 0 đến 3% và pha β của Al (pha β điển hình) mà trong đó pha Zn (pha η) được chứa ở nồng độ từ nhiều hơn 70% đến 85% và pha Zn (pha η) được phân tách từ pha α điển hình để tạo nên các vi kết cấu nguyên chất (xem Fig.2 và Fig5 và Fig.6).

Xét về vấn đề này, sơ đồ pha Zn-Al được thể hiện trên Fig.3. Theo sơ đồ pha được thể hiện trên Fig.3, pha Zn-Al được phân hủy ở 275°C thành pha α mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ 10% và pha η (pha Zn) mà trong đó ít Al được hòa tan, bởi phản ứng otecti theo các điều kiện cân bằng theo phản ứng hóa rắn cuối cùng.

Tuy nhiên, quy trình hóa rắn đối với lớp mạ thường bao gồm tốc độ làm mát nhanh, mà có thể gây ra tình huống mà không theo sau sơ đồ pha xảy ra. Ví dụ, theo quy trình hóa rắn đối với lớp mạ, phản ứng otecti nêu trên không hoàn toàn diễn ra và pha Al chịu nhiệt chứa Zn ở nồng độ từ 0 đến 85% thường vẫn như dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn.

Cụ thể là, pha β được quan sát khi phóng đại 10,000 lần hoặc cao hơn chỉ báo rằng nó được bao gồm các pha Al và Zn nguyên chất, như được thể hiện, ví dụ, trên Fig.6. Tuy nhiên, các tính chất của các pha α và β , chẳng hạn như sự chống ăn mòn và sự chống ăn mòn thay thế, nhìn chung là chỉ báo của sự chống ăn mòn và sự chống ăn

mòn thay thế của pha Al và khác với sự chống ăn mòn và sự chống ăn mòn thay thế của pha Zn. Vì vậy, pha Al theo sáng chế cũng bao gồm pha β .

Ví dụ, trong vùng được chỉ báo bởi ký hiệu số 21 (pha β) trên Fig.6, các vùng được tô màu trắng và đen lần lượt tương ứng với các pha Zn và Al.

Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó lớp mạ được tạo nên bằng cách làm mát nhanh, ví dụ, nhờ sử dụng nước hoặc tương tự, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) có thể được tạo ra. Các pha α và β điển hình hầu hết được tạo ra trừ khi việc làm mát nhanh được đưa ra.

Dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al là pha mà cuối cùng không có mặt trong các điều kiện làm mát chậm thông thường (mà trong đó pha α và pha η được tạo ra) và đề cập tới các pha α và β với các thành phần cấu tạo bị biến dạng.

Cụ thể là, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha α khác với pha α điển hình của Al và là pha Al mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ từ nhiều hơn 3% đến 70% tới các mức siêu bão hòa. Dung dịch rắn siêu bão hòa α -Al-Zn bị dòn và gây ra sự suy giảm khả năng xử lý.

Dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha β là pha Al mà chứa pha Zn (pha η) ở nồng độ từ nhiều hơn 70% đến 85% và có các vi kết cấu nguyên chất được tạo nên bởi sự phân tách giữa pha Zn (pha η) và pha α mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ nhiều hơn từ 3% đến 70% tới các mức siêu bão hòa (dung dịch rắn siêu bão hòa của α -Al-Zn). Pha β trong dung dịch rắn siêu bão hòa β -Al-Zn cũng chứa dung dịch rắn siêu bão hòa của α -Al-Zn và do đó bị dòn và gây ra sự suy giảm khả năng xử lý.

Như đã thấy ở trên, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al là pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau và gây ra sự suy giảm khả năng xử lý, và vì vậy không được bao gồm trong pha Al theo sáng chế.

Xét về vấn đề này, phương pháp xác định các nhận dạng của các pha Al (các pha α và β) như sau.

Để xác định các nhận dạng của các pha Al (các pha α và β), ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt ngang của lớp mạ (bề mặt cắt của lớp mạ được cắt theo hướng độ dày) đầu tiên được chụp (xem Fig.5 và Fig.6).

Đối với phép đo của các phần diện tích của các pha Al (các pha α và β) trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, ảnh điện tử tán xạ ngược SEM giống nhau của mặt cắt ngang của lớp mạ (bề mặt cắt của lớp mạ được cắt theo hướng độ dày) đối

với phép đo phân diện tích của mỗi pha được sử dụng.

Tuy nhiên, Fig.5 và Fig.6 thể hiện các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của bề mặt nghiêng (ở góc 4°) của lớp mạ được chuẩn bị bằng cách cắt lớp mạ theo hướng độ dày và đánh bóng xiên bề mặt cắt ở góc 4° từ bề mặt cắt, nhằm các mục đích minh họa.

Tiếp theo, pha α được nhận dạng trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được chụp (xem Fig.5) bởi phân tích EDS hoặc tương tự. Theo quy trình hóa rắn của lớp mạ nhúng nóng, mỗi pha được kết tủa bằng cách mà pha α lõi được bao quanh bởi pha β . Điều này là bởi vì sự hóa rắn của lớp mạ bắt đầu với sự kết tinh của pha Al và Zn sau đó được chuyển từ pha Al tạo thành mà không thể chứa Zn nữa bởi vì việc giảm độ tan rắn do sự hóa rắn tới pha Al xung quanh.

Cụ thể là, khi sự phân tích thành phần định lượng được thực hiện trên vùng nhất định (ví dụ $1\ \mu\text{m} \times 1\ \mu\text{m}$) của pha Al trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM khi phóng đại khoảng 1,000 lần (xem Fig.5), pha Al mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ từ 0 đến 3% được nhận dạng là pha α (pha α điển hình). Nếu pha xung quanh pha α (pha α điển hình) là pha Al được phân tách thành pha α điển hình và pha Zn (pha η) để tạo nên các vi kết cấu nguyên chất, pha được nhận dạng là pha β (pha β điển hình).

Pha Al mà trong đó Zn được hòa tan ở nồng độ từ nhiều hơn 3% đến 70% tới các mức siêu bão hòa được nhận dạng là dung dịch rắn siêu bão hòa của α -Al-Zn. Ngoài ra, pha Al mà trong đó dung dịch rắn siêu bão hòa của α -Al-Zn được phân tách từ pha Zn (pha η) để tạo nên các vi kết cấu nguyên chất được nhận dạng là dung dịch rắn siêu bão hòa của β -Al-Zn.

Theo sáng chế, Zn là nguyên tố được tìm thấy có lượng lớn nhất ở lớp mạ, và hàm lượng của Al được hạn chế từ nhiều hơn 15% đến ít hơn 35%. Vì vậy, khác với các pha Al trong các tấm thép mạ Al và Al-Zn thường được sử dụng (thường được gọi là tấm thép Galvalume (nhãn hiệu đã được đăng ký) có hàm lượng Al chủ yếu là 55%), pha Al theo sáng chế không là thành phần chính và không tạo nên kết cấu mạng ba chiều ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg; thông thường là hàm lượng của pha MgZn_2 là lớn nhất và hàm lượng của pha Al là lớn thứ hai trong tổ chức kết cấu. Thay vì vậy, kết cấu peritecti được bao gồm lõi pha Al được bao quanh bởi pha MgZn_2 chiếm ưu thế hơn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg và tạo nên kết cấu mạng 3 chiều. Điều này liên quan đến tỉ lệ kết hợp theo nồng độ của Al và Mg ở lớp mạ.

Nhìn chung, nếu tỉ lệ theo nồng độ của Mg/Al ít hơn 1/10, sự chiếm giữ của pha Al ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được tăng lên tương ứng với sự chiếm giữ của pha MgZn_2 . Mặt khác, nếu tỉ lệ theo nồng độ của Mg/Al là 1/10 hoặc nhiều hơn, sự chiếm giữ của pha MgZn_2 được tăng lên, dẫn đến thất bại trong việc chuẩn bị lớp hợp kim

Zn-Al-Mg chứa pha Al như thành phần chính. Vì vậy, sự chống ăn mòn, sự chống ăn mòn thay thế, và các tính chất khác ở, ví dụ, phần phẳng nhưng không ở các khu vực được hàn sát với các khu vực của các tấm thép mạ Zn, khác ngoài các khu vực của các tấm thép mạ Al và Al-Zn.

Khi nhiệt được tiếp xúc ở nhiệt độ 500°C hoặc cao hơn được đưa vào từ việc hàn, các pha Al (pha α và β) phản ứng với Fe của thép nền (sản phẩm thép) và tạo nên lớp hợp kim Al-Fe của pha hợp chất liên kim loại Al-Fe dưới dạng hình cầu hoặc cỡ lớn. Ví dụ, các pha AlFe, Al₂Fe, Al₃Fe, Al_{3,2}Fe, và Al₅Fe₂ được bao gồm hầu hết các chất cấu thành giống như các chất cấu thành của lớp hợp kim Al-Fe nêu trên và tạo nên các pha hợp chất liên kim loại mà trong đó một vài trong số các nguyên tử Al được thay thế bởi Zn được hòa tan ở các pha Al. Ngoài ra, như được nêu trên, lớp hợp kim Al-Fe và pha hợp chất liên kim loại Al-Fe đều có mức chống ăn mòn nhất định đối với thép nền (sản phẩm thép). Cụ thể là ở các vùng phía sau các khu vực được hàn, phần lớn Zn và Mg bị bốc hơi hoặc bị oxy hoá để tạo nên các oxit, nhưng Al tạo nên lớp hợp kim Al-Fe, mà nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn. Ở, ví dụ, các vùng xung quanh các khu vực được hàn, việc tạo ra pha hợp chất liên kim loại Al-Fe không đủ để tạo nên lớp, và pha hợp chất liên kim loại thường đạt được dạng hình cầu hoặc cỡ lớn. Lớp hợp kim Al-Fe và pha hợp chất liên kim loại Al-Fe có hiệu quả chống ăn mòn kém hơn so với lớp hợp kim Zn-Al-Mg nhưng có mức đóng góp nhất định tới sự chống ăn mòn.

Theo đó, về mặt nâng cao sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn, tổng phần diện tích của các pha MgZn₂ và Al sẽ không ít hơn 70%, tốt hơn là không ít hơn 80%, tốt hơn nữa là không ít hơn 90%, và tốt nhất là không ít hơn 95%. Tổng phần diện tích lớn nhất của các pha MgZn₂ và Al tốt hơn là không nhiều hơn 98%, tốt hơn nữa là không nhiều hơn 100%.

Sự có mặt của các pha MgZn₂ và Al theo tổng phần diện tích này thúc đẩy sự tồn tại của lớp hợp kim Zn-Al-Mg ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn có nhiệt độ từ 500 đến 1000°C, nhờ vậy tác động nâng cao rõ ràng tới sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn có thể được quan sát. Trong các trường hợp trong đó tổng phần diện tích ít hơn 70%, phần lớn lớp hợp kim Zn-Al-Mg bị bốc hơi, dẫn đến sự chống ăn mòn kém ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn.

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

Kết cấu eutectic ba nguyên tố chứa các pha Al, Zn, và MgZn. Hình thái của mỗi pha có thể thay đổi bởi vì kích thước của mỗi pha thay đổi tùy thuộc vào thành phần cấu tạo. Tuy nhiên, bởi vì sự khuếch tán nguyên tử trong suốt thời gian hóa rắn được giảm theo sự chuyển đổi của kết cấu eutectic ở nhiệt độ không đổi, mạng phức tạp

được bao gồm các pha đó được tạo nên, mà trong đó mỗi pha thường được kết tủa để tạo nên các vi kết cấu nguyên chất (xem Fig.7).

Thông thường, các pha Zn là lớn nhất và có các dạng hình giống như đảo nhỏ, và pha MgZn là lớn thứ hai và lấp đầy các chỗ trống giữa các pha Zn, và các pha Al thường được phân phối trong mẫu giống như đốm trong các pha MgZn₂. Các pha mà cấu thành kết cấu không được thay đổi nhưng pha mà xuất hiện dưới dạng hình hòn đảo có thể là pha MgZn₂, pha Al, hoặc pha MgZn₂ tùy thuộc vào thành phần cấu tạo, chỉ báo sự phụ thuộc của mối tương quan vị trí với sự thay đổi thành phần cấu tạo ngay trước khi hóa rắn.

Phương pháp xác định nhận dạng của 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 thúc đẩy sự bốc hơi của Zn trong suốt thời gian hàn và làm tăng LME và lượng các rỗ khí được tạo ra.

Theo đó, phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ sẽ 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, pha Zn sẽ được mô tả.

Lượng nhỏ của pha Zn có thể có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (xem Fig.2). Sự có mặt của pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg thuận lợi về sự chống ăn mòn và sự chống ăn mòn thay thế nhưng không mong muốn gây ra LME và sự hình thành rỗ khí trong suốt thời gian hàn. Ngoài ra, sự chống ăn mòn không thể được mong muốn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn bởi vì pha Zn bị bốc hơi một cách dễ dàng. Vì vậy, hàm lượng của pha Zn cũng sẽ được điều khiển. Trong các trường hợp trong đó nồng độ của Zn là cao, pha Zn được tạo ra một cách dễ dàng; tuy nhiên, trong các trường hợp trong đó phần diện tích của pha Zn ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg không ít hơn 10%, LME và lượng các rỗ khí được tạo ra được tăng lên.

Tuy nhiên, thậm chí trong các trường hợp trong đó phần diện tích của pha Zn không ít hơn 10%, LME và sự hình thành rỗ khí có thể được giảm bằng cách đạt được trạng thái trong đó các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si tồn tại ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, như được mô tả dưới đây.

Theo đó, phần diện tích của pha Zn có thể ít hơn 25%.

Tuy nhiên, xu hướng để xem lượng nhỏ của pha Zn là thuận lợi không được thay đổi về mặt khả năng hàn.

Vì vậy, phần diện tích của pha Zn sẽ tốt hơn là ít hơn 10%, tốt hơn nữa là

không nhiều hơn 5%, và tốt hơn nữa là không nhiều hơn 3%. Tuy nhiên, phần diện tích của pha Zn lý tưởng là 0% và có thể không ít hơn 2% về mặt sản xuất.

Phần hóa rắn cuối cùng ở lớp mạ (420 đến 380°C) thường là pha Zn, nhưng sự kết tủa của pha Zn đơn có thể được ức chế càng nhiều càng tốt bằng cách áp dụng bất kỳ sự điều chỉnh thành phần, sự bổ sung thành phần, và thậm chí phương pháp hóa rắn nhằm giảm pha Zn.

Tiếp theo, các pha hợp chất liên kim loại sẽ được mô tả.

Sự có mặt của Ca ở lớp mạ có thể gây ra việc tạo ra pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Điều này là do bản chất bên trong của Ca để thúc đẩy việc tạo ra các pha hợp chất liên kim loại có Al và Zn (chẳng hạn như các pha CaZn_2 , CaZn_5 , CaZn_{11} , và Al_4Ca). Trong các trường hợp trong đó nồng độ của Ca là cao, pha hợp chất liên kim loại mà trong đó Ca được liên kết với các nguyên tố này không được cấp phát tới chỉ một trong số các pha hợp chất liên kim loại này bởi vì Ca rất dễ bị phân tách. Pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al bị oxy hoá để tạo nên CaO ở các vùng phía sau các khu vực được hàn trong suốt thời gian hàn và tạo nên lớp oxit có độ dính nổi trội trên lớp hợp kim Al-Fe. Sự hình thành của lớp oxit nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn.

Xét về vấn đề này, lượng và kích thước của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al tùy thuộc vào khả năng hàn và sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn. Trong các trường hợp trong đó các kích thước của các hạt là lớn trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, pha hợp chất liên kim loại tạo nên một cách dễ dàng lớp oxit của CaO có độ dính nổi trội ở các vùng phía sau các khu vực được hàn. Nghĩa là, hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn được nâng cao. Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó các kích thước của các hạt là lớn trong pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, tỉ lệ của Zn liên kết với pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có xu hướng tăng lên, mà ngăn ngừa sự bốc hơi của pha Zn và cũng như nâng cao hiệu quả làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí.

Nếu việc xử lý bất kỳ được áp dụng tới lớp mạ ban đầu có hàm lượng pha Zn thấp để tạo nên các hạt thô của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, xu hướng rằng hiệu quả làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí khó để phát hiện được quan sát.

Pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al thường có thể có các hình dạng khác nhau (chẳng hạn như các dạng hình khối, hình kim, hình que, và dạng hình không xác định) ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Khi pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được tạo nên dưới “các dạng hình khối, hình kim hoặc hình que,” độ dài của đường dài nhất (chẳng hạn như đường chéo) được xác định là kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al. Khi pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được tạo nên dưới “dạng hình

không xác định không bao gồm các dạng hình khối, hình kim, và hình que,” đường kính của đường tròn tương ứng với vùng tương đương được xác định là kích thước hạt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al. Khi kích thước hạt trung bình của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al là 1 μm hoặc dài hơn, lớp mạ được thay đổi về các tính chất. Mặc dù tất cả các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được phát hiện có kích thước hạt không ít hơn 1 μm , hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn có xu hướng được giảm khi không có pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có kích thước hạt không ít hơn 1 μm được phát hiện. Ngoài ra, hiệu quả làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí có xu hướng được giảm.

Nghĩa là, sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có kích thước hạt trung bình không ít hơn 1 μm ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg làm tăng thêm các hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn và để làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí. Kích thước hạt trung bình lớn nhất của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al không được giới hạn ở trị số cụ thể nhưng, ví dụ, không nhiều hơn 100 μm .

Pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al là pha hợp chất liên kim loại có điểm nóng chảy rất cao và các hạt của pha hợp chất liên kim loại được tạo ra chỉ sau khi sự hóa rắn của lớp mạ và tồn tại vô số ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó pha lỏng bất kỳ có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong suốt thời gian hóa rắn của lớp mạ, pha lỏng kết hợp các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al liền kề, mà làm giảm số lượng của các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được kết tủa nguyên chất và thúc đẩy sự phát triển của các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al. Khi phương pháp mạ điện hình hoặc kỹ thuật làm mát nhanh được sử dụng theo quy trình hóa rắn đối với lớp mạ, các hạt pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có các kích thước hạt nguyên chất (ít hơn 1 μm) có mặt vô số. Mặt khác, việc làm mát chậm theo các điều kiện trong đó pha lỏng có mặt (lên đến điểm nóng chảy khoảng 350°C) dẫn đến việc giảm số lượng của các hạt pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và gia tăng kích thước hạt, dẫn đến sự kết tủa của các hạt pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al có các kích thước hạt nguyên chất không ít hơn 1 μm ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Kích thước của hạt pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al được tăng lên một cách dễ dàng khi các nồng độ của Ca và Al là cao, và có thể được tăng lên bằng cách làm mát chậm thậm chí trong các trường hợp trong đó các nồng độ đó là thấp.

Ngoài ra, sự có mặt của nồng độ của Si cao ở lớp mạ có thể dẫn đến việc tạo ra pha Mg_2Si ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Trong các trường hợp trong đó nồng độ của Ca là cao, các pha hợp chất liên kim loại Ca_2Si , CaSi , và Ca-Zn-Al-Si có thể được chứa. Khi các pha hợp chất này có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn được nâng cao.

Cụ thể là, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si có các hiệu quả giống như các hiệu quả của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al (các hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn và để làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí). Ngoài ra, sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si dẫn đến sự có mặt của Si ở lớp oxit còn lại trên lớp hợp kim Al-Fe sau khi hàn, mà làm tăng thêm hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn.

Cụ thể là, trong các trường hợp trong đó các hạt pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si có kích thước hạt trung bình không ít hơn 1 μm (hoặc từ 1 đến 100 μm) có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, các hiệu quả để nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các khu vực được hàn và để làm giảm LME và sự hình thành rỗ khí được nâng cao, tương tự như trường hợp của pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si.

Theo đó, lớp hợp kim Zn-Al-Mg tốt hơn là chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Si , pha Ca_2Si , pha CaSi , pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, và pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si.

Ngoài ra, sự có mặt của B ở lớp mạ có thể dẫn đến việc tạo ra pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Al_2CaB_5 và các pha hợp chất được dẫn ra từ pha Al_2CaB_5 với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg, và trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B chứa B ở nồng độ không ít hơn 40% theo nguyên tử.

Sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B này ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg thuận lợi bởi vì LME được giảm.

Ngoài ra, sự có mặt của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D ở lớp mạ (cụ thể là, sự có mặt của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D có tổng hàm lượng từ 0,05% đến 20%) có thể dẫn đến việc tạo ra ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có các pha Mg_2Sn , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

Sự có mặt của pha hợp chất liên kim loại này ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg nâng cao sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các khu vực được hàn.

Trong sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế, độ cứng của lớp mạ được bao gồm trong các tính chất khác của lớp mạ. Như được nêu trên, pha MgZn_2 được chứa nhiều ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg là hợp chất liên kim loại cứng và các hợp chất liên kim loại khác được tạo nên với các nguyên tố được bổ sung thường cũng cứng, mà dẫn đến lớp mạ đạt được độ cứng không ít hơn 150 Hv.

Tiếp theo, một phương pháp sản xuất ví dụ sản phẩm thép mạ kim loại theo

sáng chế sẽ được mô tả.

Sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế nhận được bằng cách tạo nên lớp mạ trên bề mặt (một hoặc cả hai bề mặt) của sản phẩm thép (sản phẩm không mạ kim loại ban đầu chẳng hạn như tấm không mạ kim loại ban đầu) bởi phương pháp mạ nhúng nóng.

Các kim loại hoặc các hợp kim nguyên chất của thành phần cấu tạo định trước được chuẩn bị nhờ sử dụng, ví dụ, lò nóng chảy chân không được sử dụng và được kết hợp theo các lượng định trước và được hòa tan theo các điều kiện khí quyển để chuẩn bị bề mạ có thành phần cấu tạo quan tâm. Thông thường, nhiệt độ thao tác bằng hoặc trên điểm nóng chảy của các kim loại được yêu cầu để mạ nhúng nóng.

Đối với việc sản xuất các sản phẩm thép mạ kim loại, các sản phẩm thép được cuốn bởi, ví dụ, máy nghiền Sendzimir và được giảm với hydro trong các điều kiện không oxy hóa ở 800°C được ngâm trực tiếp trong bể mạ. Thời gian ngâm tác động đến độ dày của lớp hợp kim Al-Fe ở lớp mạ, và thời gian ngâm 0,5 giây thường là đủ. Lượng chất lỏng được điều chỉnh bằng cách thổi khí N_2 sau quy trình ngâm.

Theo phương pháp sản xuất sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế, việc điều khiển nhiệt độ trong bể mạ và theo quy trình hóa rắn cần thiết cho việc điều khiển kết cấu. Trong các trường hợp trong đó việc điều khiển nhiệt độ không được thực hiện, sự kết tủa của pha Zn không thể được giảm.

Trong các trường hợp trong đó thành phần cấu tạo theo sáng chế được chấp nhận là thành phần hoá học của lớp mạ, sản phẩm thép mạ kim loại được sản xuất, ví dụ, với việc ủ ở nhiệt độ bể mạ (điểm nóng chảy của bể mạ + 20°C) là 420°C hoặc cao hơn trong thời gian lưu không nhiều hơn 5 giây sau quy trình mạ (sau khi rút ra sản phẩm thép từ bể mạ) làm tăng lượng pha Zn còn lại trong lớp hợp kim Zn-Al-Mg, mà gây ra phần hóa rắn cuối cùng ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg là kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al-MgZn₂ và có xu hướng làm giảm các lượng của các pha Al và MgZn₂, dẫn đến lớp mạ có khả năng hàn kém.

Ngoài ra trong các trường hợp trong đó: 1) việc mạ được cố định ở đầu cuộn, 2) việc làm mát nhanh nhờ sử dụng hệ thống làm mát sương mù được áp dụng để ngăn ngừa sự thất bại trong việc hình thành vảy kim loại trong suốt quá trình hóa rắn của lớp mạ, hoặc 3) việc làm mát ở tốc độ làm mát $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn được áp dụng để làm giảm nhiệt độ từ nhiệt độ bể mạ (điểm nóng chảy của bể mạ + 20°C) hoặc điểm nóng chảy của bể mạ đến 150°C sau quy trình mạ, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) được tạo nên ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg và pha MgZn₂ được giảm, mà gây ra việc gia tăng bất thường lượng pha Zn, dẫn đến lớp

mạ có khả năng xử lý kém.

Quy trình hóa rắn được phân tích chi tiết đối với lớp mạ có thành phần hoá học theo sáng chế như sau.

Thứ nhất, lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên chỉ sau khi ngâm trong bể mạ, và sau đó các hợp chất liên kim loại có điểm nóng chảy cao (chẳng hạn như hợp chất liên kim loại Mg_2Si , Ca_2Si , $CaSi$, $Ca-Zn-Al$, và các pha hợp chất liên kim loại $Ca-Al-B$) đầu tiên được kết tủa ngay sau khi nhiệt độ giảm dưới mỗi điểm hóa rắn của nó. Bởi vì lượng của các pha này có tổng ít hơn 5%, phần lớn của lớp hợp kim Zn-Al-Mg vẫn dưới dạng của pha lỏng ở nhiệt độ ngay dưới điểm nóng chảy của bể mạ.

Các pha $MgZn_2$, Al, và Zn được kết tủa từ pha lỏng; trong các trường hợp trong đó quy trình hoá rắn thường được sử dụng cho lớp mạ như được nêu trên được sử dụng, tốc độ làm mát nhanh của quy trình hóa rắn khiến pha lỏng được duy trì một cách độc lập với sơ đồ pha cho đến khi nhiệt độ giảm xuống đủ, mà dẫn đến sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ hoặc sự kết tủa thừa của pha Zn. Trong các trường hợp trong đó việc làm mát nhanh được sử dụng, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) được kết tủa thừa. Kết quả là, các kết cấu không mong muốn được tăng lên.

Mặt khác, trong điều kiện làm mát tốt nhất, các pha $MgZn_2$ và Al được cho phép phát triển đủ bằng cách giữ ở nhiệt độ cao bằng hoặc trên điểm nóng chảy của Zn, $420^\circ C$. Kết quả là, phần diện tích của các pha $MgZn_2$ và Al ở lớp mạ có thể được tối đa hoá.

Trong khoảng nhiệt độ này, sự hóa rắn theo sau phản ứng eutecti của pha Al- $MgZn_2$ (mà cũng có thể được xem xét là phản ứng peritecti bởi vì pha Al kết tinh nhanh hơn một chút). Ngoài ra, việc tối đa hoá lượng pha Al- $MgZn_2$ có thể giảm thiểu đồng thời lượng pha Zn.

Theo đó, việc ủ ở nhiệt độ bể mạ (điểm nóng chảy của bể mạ + $20^\circ C$) là $420^\circ C$ hoặc cao hơn sau quy trình mạ (sau khi rút ra sản phẩm thép từ bể mạ) sẽ được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây để đạt được kết cấu của lớp mạ theo sáng chế (cụ thể là, lớp hợp kim Zn-Al-Mg). Nghĩa là, việc ủ ở nhiệt độ $420^\circ C$ hoặc cao hơn trong thời gian lưu nhiều hơn 5 giây có thể dẫn đến đảm bảo độ dài thời gian đủ để kết tủa các pha $MgZn_2$ và Al, mà lần lượt làm giảm sự kết tủa của pha Zn, kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$, hoặc dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau).

Cụ thể là, nhiệt độ bể mạ (điểm nóng chảy của bể mạ + $20^\circ C$) được sử dụng,

và nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mạ đến 420°C ở tốc độ làm mát $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn sau quy trình mạ (sau khi rút ra sản phẩm thép từ bề mạ), và việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây. Tuy nhiên, trong các trường hợp trong đó điểm nóng chảy của bề mạ là 500°C hoặc cao hơn, độ dài thời gian đủ để kết tủa các pha MgZn_2 và Al được đảm bảo và không có vấn đề được tìm thấy, ngay cả khi nhiệt độ giảm từ điểm nóng chảy của bề mạ đến 420°C ở tốc độ làm mát $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ hoặc thấp hơn.

Khi việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn được giữ lại khoảng ít hơn 5 giây, việc tạo ra dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn ở pha Zn, kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- MgZn_2 , hoặc pha Al được tăng lên.

Ngoài ra, đối với sự phát triển của các hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si, các kích thước hạt của các hợp chất liên kim loại này có thể được tăng lên trong suốt thời gian hóa rắn bằng cách dần dần làm mát lớp mạ thích hợp tới nhiệt độ (khoảng 350°C) mà ở đó pha lỏng biến mất ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Cụ thể là, nồng độ Al thấp trong khoảng của nồng độ Al từ nhiều hơn 15% đến 20% dẫn đến yêu cầu thời gian dài hơn cho sự phát triển của các hợp chất liên kim loại này, mà yêu cầu nhiệt độ giảm từ điểm nóng chảy của bề mạ tới 350°C ở tốc độ làm mát ít hơn $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

Ngoài ra, thành phần hoá học của lớp mạ ban đầu chứa dư Mg dẫn đến lớp mạ cứng, như được nêu trên, và không thuận tiện về mặt khả năng xử lý và sự bám dính mạ. Mặc dù hầu hết các pha MgZn_2 và Al được hoá rắn, phản ứng eutecti từ pha Al tới pha Zn xảy ra ở nhiệt độ dưới 420°C , cụ thể là 275°C nêu trên. Tiếp theo, phản ứng eutecti này được hoàn thành trước khi nhiệt độ đạt đến 250°C . Nếu việc ủ tiếp tục ở các nhiệt độ dưới 420°C trong khoảng thời gian dài nhằm mục đích cung cấp khả năng xử lý tốt tới lớp mạ, dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) biến mất, mà là điều kiện thuận lợi về mặt khả năng xử lý. Tuy nhiên, lượng pha Zn được kết tủa theo phản ứng eutecti được tăng lên lẫn nhau, cho thấy sự suy giảm nhẹ của khả năng hàn do được tăng lên lượng pha Zn. Mặt khác, việc làm mát nhanh của lớp mạ để lại dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) bên trong, mà không mong muốn về mặt khả năng xử lý.

Theo đó, xét về các tính chất này, tốc độ làm mát trung bình được áp dụng tới khoảng nhiệt độ này (khoảng nhiệt độ từ 420°C đến 250°C) tốt hơn là trong khoảng từ 10 đến $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tương tự như khoảng nhiệt độ cho quy trình mạ thông thường. Việc làm mát ở tốc độ làm mát này có thể dẫn đến sự hình thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg hầu hết không chứa dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al (pha Al chứa các

thành phần giống như các thành phần của các pha α và β điển hình nhưng ở các nồng độ khác nhau) với sự phát triển quá mức của không pha Zn nào.

Tốc độ làm mát trung bình ít hơn $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ dẫn đến xu hướng lượng pha Zn tăng nhẹ, mà không mong muốn về mặt khả năng hàn. Mặt khác, tốc độ làm mát trung bình không ít hơn $20^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ dẫn đến xu hướng tạo nên dung dịch rắn siêu bão hòa của Zn trong pha Al.

Việc làm mát ở tốc độ làm mát trung bình nằm trong khoảng nêu trên được áp dụng tới nhiệt độ trong khoảng từ 420°C đến 250°C là biện pháp hiệu quả cụ thể là trong các trường hợp trong đó nồng độ Al là thấp và nồng độ Zn là cao.

Theo phương pháp sản xuất sản phẩm thép mạ kim loại theo sáng chế, cụ thể là trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa Al ở nồng độ trong khoảng từ nhiều hơn 15 đến 20% được tạo nên, thời gian dài hơn được yêu cầu cho sự kết tủa của pha Al bởi vì nồng độ Al thấp. Theo đó, để đảm bảo tổng phần diện tích thích hợp của các pha MgZn_2 và Al, việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn trong thời gian lưu nhiều hơn 5 giây và việc làm mát từ điểm nóng chảy của bề mạ đến 350°C (hoặc 250°C) ở tốc độ làm mát ít hơn $5^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ được yêu cầu.

Tiếp theo, các phương pháp đo các tính chất khác nhau của lớp mạ sẽ được mô tả.

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

Thứ nhất, lớp mạ được loại bỏ với và được hòa tan trong dung dịch axit chứa chất ức chế đối với sự ăn mòn của thép nền (sản phẩm thép), để thu nhận dung dịch mẫu axit. Tiếp theo, dung dịch mẫu axit nhận được có thể được đo bởi phân tích ICP để thu nhận thành phần hoá học của lớp mạ (trong các trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu lớp đơn bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg, thành phần hoá học của lớp hợp kim Zn-Al-Mg; trong các trường hợp trong đó lớp mạ có kết cấu cán mỏng bao gồm lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg, tổng thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe và lớp hợp kim Zn-Al-Mg). Loại axit không được giới hạn ở axit cụ thể miễn là nó có thể hoà tan lớp mạ. Thành phần hoá học trung bình nhận được như thành phần hoá học của lớp mạ.

Ngoài ra, trong các trường hợp trong đó thành phần hoá học riêng được xác định cho các lớp hợp kim Al-Fe và Zn-Al-Mg, đường cong chuẩn cho việc phân tích định lượng được chuẩn bị cho mỗi thành phần bởi GDS (glow discharge spectrophotometry - đo quang phổ phóng điện phát sáng tần số cao). Tiếp theo, thành phần hoá học của lớp mạ chủ có thể được đo theo hướng độ sâu. Ví dụ, nhiều mẫu GDS vuông 30 mm được chuẩn bị từ tấm thép mạ kim loại mẫu được sản xuất. Phún xạ argon ion được sử dụng để nghiên cứu sự phân phối của các nguyên tố theo hướng

độ sâu từ bề mặt của lớp mạ và các cường độ đỉnh của các nguyên tố được đánh dấu. Hơn nữa, các mẫu chuẩn tương ứng với các nguyên tố kim loại, chẳng hạn như các tấm kim loại nguyên chất, được chuẩn bị và được sử dụng để thu nhận trước biểu đồ về các cường độ của các nguyên tố, mà cho phép sự biến đổi của các cường độ tới các nồng độ. Khi GDS được sử dụng cho việc phân tích thành phần hoá học, tốt hơn là, vùng mẫu được phân tích bằng hoặc trên vùng đường tròn có đường kính 4 mm, và phép đo được sao chép 10 lần, và cường độ trung bình tương ứng với mỗi nguyên tố cấu thành ở mỗi vị trí được chấp nhận.

Tốc độ phun xạ tốt hơn là khoảng từ 0,04 đến 0,1 μm /giây. Khi các trị số của các thành phần ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được phân tích ở mỗi vị trí phân tích GDS được chấp nhận, trung bình của các nồng độ của mỗi nguyên tố cấu thành ở các độ sâu từ 1 đến 10 μm (chiều rộng 5- μm) tốt hơn là được chấp nhận để loại bỏ ảnh hưởng của lớp ngoài cùng bị oxy hoá, với việc bỏ qua các đặc trưng về các nguyên tố cấu thành nhận được từ bề mặt tới độ sâu 1 μm .

Ngoài ra, khi thành phần hoá học của lớp hợp kim Al-Fe được đo, vị trí trong đó cường độ của nguyên tố Fe được đo không ít hơn 95% tổng cường độ trong số tất cả các nguyên tố được định rõ là biên giữa thép nền (sản phẩm thép) và lớp mạ (cụ thể là, lớp hợp kim Al-Fe) và lớp từ bề mặt của lớp mạ tới biên được định rõ là lớp hợp kim Al-Fe. Với việc tham chiếu tới độ dày của lớp hợp kim Al-Fe mà đã nhận được một cách độc lập từ sự quan sát bởi SEM hoặc tương tự, trung bình của các nồng độ của mỗi nguyên tố cấu thành ở các độ sâu bao gồm độ dày của lớp hợp kim Al-Fe được chấp nhận.

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

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

Các nhận dạng của các pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg có thể được xác định từ các mẫu nhiễu xạ tia x của bề mặt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Các cường độ của sự nhiễu xạ tia x được yêu cầu để được tính toán và được điều chỉnh tới các góc nhiễu xạ theo nguồn phát xạ Cu, mặc dù các nguồn phát xạ chẳng hạn như các nguồn phát xạ Cu và Co khả dụng. Tốt hơn là, phạm vi quét từ 5° đến 90° với kích thước bước khoảng 0,01°. Cường độ (cps) ở góc nhiễu xạ cụ thể nhận được là trung bình của các cường độ được đo trong khoảng từ cộng đến trừ 0,05° của góc cụ thể. Trong các trường hợp trong đó lượng thành phần được bổ sung rất nhỏ, hợp chất liên kim loại bất kỳ liên quan đến thành phần được bổ sung có thể không được phát hiện. Trong trường

hợp đó, nhận dạng của dấu vết hợp chất liên kim loại được tìm thấy trong mẫu TEM mà đã được chuẩn bị từ lớp hợp kim Zn-Al-Mg có thể được xác định từ mẫu nhiễu xạ điện tử.

Đối với sự quan sát của kết cấu của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được đánh bóng và được kiểm tra sau khi khắc nital để quan sát kết cấu, nhờ vậy các độ dày của các lớp hợp kim Al-Fe và Zn-Al-Mg có thể được đo. Việc sử dụng quy trình CP cho phép kết cấu của lớp mạ được quan sát chi tiết hơn. FE-SEM tốt hơn là được sử dụng nhằm quan sát lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

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

Để đo phân diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, FE-SEM hoặc TEM được trang bị với EDS (energy dispersive X-ray spectrometer - phổ tán sắc năng lượng tia X) được sử dụng. EPMA có thể được sử dụng cho việc nhận dạng của mỗi pha.

Quy trình CP (máy đánh bóng mặt cắt ngang) được áp dụng tới mặt cắt ngang tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mặt cắt ngang được chuẩn bị bằng cách cắt theo hướng độ dày) là chủ thể đo. Sau quy trình CP, các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM của mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được thu nhận. Các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM được định rõ là các ảnh được chụp ở ba hoặc nhiều vị trí khác nhau nhằm đo các vùng nằm trong vùng tùy ý của khoảng 100 μm hoặc nhiều hơn (theo hướng độ dày; trường nhìn bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg được lựa chọn) x 2,000 μm (theo hướng song song với bề mặt của sản phẩm thép) khi phóng đại 1,000 lần (kích thước ảnh: độ dày xấp xỉ của lớp hợp kim Zn-Al-Mg μm x khoảng 150 μm).

Tiếp theo, quy trình FIB (focused ion beam - chùm ion hội tụ) được áp dụng tới cùng mặt cắt ngang tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mặt cắt ngang được chuẩn bị bằng cách cắt lớp hợp kim Zn-Al-Mg theo hướng độ dày) là chủ thể đo. Sau quy trình FIB, các mẫu nhiễu xạ điện tử TEM (transmission electron microscope - kính hiển vi điện tử truyền qua) của kết cấu mặt cắt của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được thu nhận. Tiếp theo, các kim loại hoặc các hợp chất liên kim loại được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nhận dạng.

Tiếp theo, các nhận dạng của các pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được xác định trong các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM bằng cách so sánh các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM và các kết quả từ việc nhận dạng của các mẫu nhiễu xạ điện tử TEM. Trong việc nhận dạng các pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, phân tích ánh xạ EDS có thể được triển khai và các kết quả phân tích ánh xạ EDS có thể được so

sánh với các kết quả từ việc nhận dạng của các mẫu nhiễu xạ điện tử TEM.

Tiếp theo, trong các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM trong thước xám, ba trị số về độ sáng, màu sắc, và độ tương phản được xác định cho mỗi pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Bởi vì ba trị số về độ sáng, màu sắc, và độ tương phản tương ứng với mỗi pha phản ánh số lượng nguyên tử của mỗi nguyên tố được chứa trong mỗi pha, các pha chứa nhiều Al hoặc Mg hơn, mà là các nguyên tố có số lượng nguyên tử hấp, so với các nguyên tố có xu hướng được tô màu tối hơn và các pha chứa nhiều Zn hơn so với các pha khác có xu hướng được tô màu sáng hơn trong các ảnh.

Việc xử lý ảnh máy tính được triển khai để thay đổi các màu sắc trong chỉ các vùng với ba trị số mà nằm trong các khoảng nêu trên được chỉ báo bởi mỗi pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg, để phù hợp với các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM, dựa trên kết quả so sánh nêu trên với EDS (ví dụ, vùng của mỗi pha trong trường nhìn (theo số lượng điểm ảnh) hoặc tương tự được tính toán theo điều kiện trong đó chỉ pha cụ thể được hiển thị trực quan màu trắng). Việc xử lý ảnh này được triển khai trên mỗi pha để xác định phần diện tích của mỗi pha được chứa ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg trong mỗi ảnh điện tử tán xạ ngược SEM.

Hơn nữa, phần diện tích của mỗi pha của lớp hợp kim Zn-Al-Mg được định rõ là trung bình của các phần diện tích của mỗi pha nhận được ít nhất ba trường nhìn theo mặt cắt ngang tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mặt cắt ngang được chuẩn bị bằng cách cắt lớp hợp kim Zn-Al-Mg theo hướng độ dày) theo thao tác nêu trên.

Một cách ngẫu nhiên, trong các ảnh điện tử tán xạ ngược SEM khi phóng đại 1,000 lần, “các pha $MgZn_2$, Al, và Zn” có mặt ở kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ không thể phân biệt về mặt các biên và các phần diện tích. Nghĩa là, các phần diện tích của “các pha $MgZn_2$, Al, và Zn” trong kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ được mô tả dưới đây không được bao gồm từ “các phần diện tích của pha $MgZn_2$, pha Al và pha Zn” được xác định ở đây.

Tuy nhiên, phần diện tích của mỗi pha thậm chí trong kết cấu eutecti ba nguyên tố có thể được xác định trong các ảnh được phóng to khi phóng đại khoảng 10,000 lần, và vì vậy có thể tính toán phần của mỗi pha trong tinh thể eutecti ba nguyên tố theo các điều kiện sau đây để xử lý ảnh.

Xét về vấn đề này, cả hai ảnh SEM của các mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg là các ảnh điện tử tán xạ ngược và các ảnh đó có thể phân biệt được một cách dễ dàng với nhau, như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.4, mà được cho là do các pha cấu thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (chẳng hạn như pha Al, pha $MgZn_2$, và các pha Zn) thường có sự chênh lệch rõ ràng về số lượng nguyên tử.

Các pha hợp chất liên kim loại khác (chẳng hạn như hợp chất liên kim loại

Ca-Zn-Al) có thể có các trị số tương phản sát với các trị số tương phản của pha $MgZn_2$ nhưng có các bề ngoài duy nhất. Vì vậy, các pha hợp chất liên kim loại này cũng có thể phân biệt được tương đối dễ dàng.

Các pha hợp chất liên kim loại chứa Si, nguyên tố có số lượng nguyên tử thấp, (chẳng hạn như hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si) cũng có thể phân biệt được tương đối dễ dàng bởi độ tương phản thấp.

Các pha hợp chất liên kim loại chứa B, nguyên tố số lượng nguyên tử thấp, (chẳng hạn như pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B) cũng có thể phân biệt được tương đối dễ dàng bởi độ tương phản thấp, tương tự như các pha hợp chất liên kim loại chứa Si. Trong các trường hợp trong đó sự phân biệt là khó, nhiễu xạ điện tử TEM sẽ được triển khai.

Kích thước hạt trung bình của mỗi trong số các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si được xác định như sau.

Trong số các hạt của mỗi pha hợp chất được phát hiện theo sự quan sát SEM nêu trên để đo phần diện tích của mỗi pha, năm kích thước hạt lớn nhất được lựa chọn trong mỗi pha hợp chất. Tiếp theo, thao tác này được sao chép cho năm trường nhìn và trung bình số học của các kích thước hạt của tổng cộng 25 hạt được định rõ là kích thước hạt trung bình của mỗi trong số các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al-Si.

Kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg được nhận dạng và phần diện tích của chúng được đo bởi các phương pháp sau đây.

Thứ nhất, kết cấu eutectic được bao gồm các pha Al, Zn, và $MgZn_2$ được nhận dạng trong ảnh điện tử tán xạ ngược SEM bởi kỹ thuật giống như được sử dụng để đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg. Một phần của kết cấu tương ứng với trường nhìn hình chữ nhật $3\ \mu\text{m} \times 4\ \mu\text{m}$ (độ dài đường chéo: $5\ \mu\text{m}$) được quan sát khi phóng đại 30,000 lần (xem Fig.7). Trong các trường hợp trong đó hai đường chéo nằm trong trường nhìn hình chữ nhật được vẽ và các đường chéo này đi riêng qua pha Zn và $MgZn_2$ hoặc pha Al, mà phân tán xung quanh pha Zn, năm lần hoặc nhiều hơn, kết cấu được xác định là kết cấu eutecti ba nguyên tố. Việc xác định này dựa trên sự có mặt của “kết cấu được bao gồm ba pha được phân tán nguyên chất,” mà cụ thể với kết cấu eutecti ba nguyên tố.

Trong các trường hợp trong đó kết cấu eutecti ba nguyên tố tương ứng với vùng $3\ \mu\text{m} \times 4\ \mu\text{m}$ không thể được quan sát bởi vì sự phân phối có thể không đều của kết cấu eutecti ba nguyên tố hoặc thành phần cấu tạo mà cản trở sự hình thành của kết cấu eutecti ba nguyên tố, kết cấu được phân chia thành mạng các ô vuông $1\text{-}\mu\text{m}$. Nếu một hoặc nhiều ô chứa tất cả các pha, kết cấu được xác định là kết cấu eutecti ba

nguyên tố.

Tiếp theo, thao tác nêu trên được lặp lại trên cùng ảnh điện tử tán xạ ngược SEM khi được sử dụng để đo phần diện tích của mỗi pha ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg (ảnh được quan sát khi phóng đại 1,000 lần và có kích thước bằng độ dày xấp xỉ của lớp hợp kim Zn-Al-Mg μm x khoảng 150 μm) để nắm được nét chính (vùng) của kết cấu eutecti ba nguyên tố trong khi xác nhận bản chất liên tục của kết cấu eutecti ba nguyên tố. Tiếp theo, 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 định rõ là trung bình của các phần diện tích của mỗi pha nhận được ít nhất ba trường nhìn theo mặt cắt ngang tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (mặt cắt ngang được chuẩn bị bằng cách cắt lớp hợp kim Zn-Al-Mg theo hướng độ dày) theo thao tác nêu trên.

Đối với độ cứng lớp mạ, độ sâu của chỗ lõm được thực hiện có tải 10 gf có thể được đo từ bề mặt của lớp mạ để xác định độ cứng Vickers. Độ cứng Vickers tốt hơn là được xác định là trung bình của các trị số được đo ở khoảng 30 vị trí khác nhau.

Khả năng xử lý của lớp mạ tốt hơn là được đánh giá bằng cách phân tích sự hình thành bụi bằng cách nén trong suốt thời gian thử nghiệm uốn chữ V. Ứng suất nén được áp dụng và các bụi được tạo nên ở đáy của máng chữ V trong tấm thép mạ kim loại cho thấy khả năng biến dạng nhựa kém. Trong các trường hợp trong đó khả năng xử lý được đánh giá nghiêm ngặt hơn, khả năng xử lý tốt hơn là được đánh giá bằng cách thử uốn kéo, mà trong đó đoạn thử dưới dạng hình chữ V được gửi trả lại bằng phẳng và sau đó được đánh giá bằng cách lật băng.

Các phương pháp sau xử lý mà có thể được áp dụng tới tấm thép mạ kim loại theo sáng chế sẽ được mô tả dưới đây.

Trong tấm thép mạ kim loại theo sáng chế, màng mỏng mạ có thể được chuẩn bị trên lớp mạ. Màng mỏng mạ có thể là lớp đơn hoặc bao gồm hai hoặc nhiều lớp. Các ví dụ về màng mỏng mạ chỉ trên lớp mạ bao gồm các màng mỏng mạ cromat, các màng mỏng mạ phốt phát, và các màng mỏng mạ không có cromat. Các phương pháp đã biết bất kỳ có thể được sử dụng để thực hiện việc mạ biến đổi cromat, mạ biến đổi phốt phát, mạ không có cromat cho việc sản xuất các màng mỏng mạ này.

Mạ biến đổi cromat bao gồm mạ biến đổi cromat điện phân trong đó màng mỏng mạ cromat được tạo nên bởi phương pháp điện phân, mạ biến đổi cromat qua trung gian phản ứng hoá học trong đó màng mỏng mạ được tạo nên bằng cách cho phép phản ứng của chất lỏng mạ với vật liệu mạ và sau đó rửa sạch lượng chất lỏng mạ thừa, và mạ biến đổi cromat khô tại chỗ trong đó màng mỏng mạ được tạo nên bằng cách áp dụng chất lỏng mạ tới đối tượng quan tâm và làm khô đối tượng mà không rửa.

Phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp xử lý này có thể được chấp nhận.

Mạ biến đổi cromat điện phân có thể bao gồm các loại mạ biến đổi cromat điện phân khác nhau nhờ sử dụng axit cromat, silic oxit sol, các nhựa (chẳng hạn như phốt phát, nhựa acrylic, nhựa vinyl ester, nhũ tương vinyl axetat-acrylic, nhựa mù carboxylated styrene-butadiene, nhựa epôxy được điều chỉnh diisopropanolamin), và silic oxit cứng.

Các ví dụ về mạ biến đổi phốt phát bao gồm mạ biến đổi phốt phát kẽm, mạ biến đổi phốt phát canxi kẽm, và mạ biến đổi mangan phốt phát.

Mạ không có cromat cụ thể là không gây gánh nặng tới môi trường và thuận lợi. Mạ không có cromat bao gồm mạ không có cromat điện phân trong đó màng mỏng mạ không có cromat được tạo nên bởi phương pháp điện phân, mạ không có cromat qua trung gian phản ứng hoá học trong đó màng mỏng mạ được tạo nên bằng cách cho phép phản ứng của chất lỏng mạ với vật liệu mạ và sau đó rửa sạch lượng chất lỏng mạ thừa, và mạ không có cromat khô tại chỗ trong đó màng mỏng mạ được tạo nên bằng cách áp dụng chất lỏng mạ tới đối tượng quan tâm và làm khô đối tượng mà không rửa. Phương pháp bất kỳ trong số các phương pháp xử lý này có thể được chấp nhận.

Hơn nữa, màng mỏng mạ nhựa hữu cơ được bao gồm lớp đơn hoặc hai hoặc nhiều lớp có thể được chuẩn bị trên màng mỏng mạ chỉ trên lớp mạ. Nhựa hữu cơ không được giới hạn ở loại nhựa cụ thể, và bao gồm, ví dụ, các nhựa pôliexte, các nhựa pôliurêtan, các nhựa epôxy, các nhựa axit acrylic, các nhựa polyolefin, và các chất dẫn xuất được điều chỉnh của các nhựa này. Các chất dẫn xuất được điều chỉnh đề cập tới các nhựa tạo thành từ phản ứng của nhóm chức năng phản ứng bất kỳ được chứa trong các kết cấu của các nhựa này với nhóm chức năng khác mà có thể phản ứng với nhóm chức năng cũ và được chứa trong kết cấu của hợp chất khác (chẳng hạn như chất liên kết ngang hoặc đơn hợp).

Các nhựa hữu cơ như vậy có thể được sử dụng kết hợp với một hoặc nhiều nhựa hữu cơ (các nhựa không được điều chỉnh), hoặc kết hợp với một hoặc nhiều nhựa hữu cơ được sản xuất bởi sự điều chỉnh của ít nhất một nhựa hữu cơ với sự có mặt của ít nhất một nhựa hữu cơ khác. Ngoài ra, chất nhuộm màu bất kỳ hoặc chất nhuộm ngăn ngừa gỉ có thể được chứa trong màng mỏng mạ nhựa hữu cơ. Chất nhuộm có nước được chuẩn bị bằng cách hoà tan hoặc phân tán chất nhuộm trong nước cũng có thể được sử dụng.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các ví dụ về sáng chế sẽ được mô tả, nhưng các điều kiện được sử dụng trong các ví dụ là sự minh hoạ của các điều kiện được chấp nhận để xác nhận tính khả thi và các hiệu quả theo sáng chế, và sáng chế sẽ không giới hạn ở sự minh hoạ của các điều

kiện. Các điều kiện khác nhau có thể được áp dụng tới sáng chế miễn là mục đích theo sáng chế sẽ đạt được mà không trệt khỏi tinh thần của sáng chế.

(Ví dụ A)

Các bề mạ đã được chuẩn bị nhờ sử dụng lò nóng chảy chân không và các lượng thổi kim loại nguyên chất định trước theo các điều kiện khí quyển để thu nhận các lớp mạ có thành phần bất kỳ trong số các thành phần hoá học được chỉ báo trên các bảng từ 1-1 đến 1-3, Thiết bị mạ nhúng nóng hàng loạt đã được sử dụng để chuẩn bị các tấm thép mạ kim loại.

Các tấm thép mạ Zn nhúng nóng và mạ hợp kim Zn-Al-Mg khả dụng về mặt thương mại đã được sử dụng như các vật liệu so sánh số 102 và 103, Cả hai vật liệu so sánh có lớp mạ với độ dày là 20 μm .

Với tấm không mạ kim loại ban đầu, tấm thép cacbon được cán nóng thường dày 3,2 mm có kích thước là 100 x 200 mm (C = 0,15%, Si = 0,005%, Mn = 0,55%, P = 0,015%, S = 0,005%) đã được sử dụng và được làm sạch ngay trước khi mạ bằng cách tẩy nhờn và tẩy gỉ bằng axit.

Trong việc chuẩn bị mẫu bất kỳ, cùng phương pháp khử đã được thực hiện trên tấm không mạ kim loại ban đầu trong quy trình xử lý từ ngâm vào bể mạ đến rút ra khỏi bể mạ. Nghĩa là, tấm thép mạ kim loại đã được làm nóng từ nhiệt độ phòng đến 800°C bằng cách làm nóng bằng điện trong môi trường $\text{N}_2\text{-H}_2$ (5%) (ở điểm sương là -40° hoặc thấp hơn; nồng độ oxy ít hơn 25 ppm), được giữ trong 60 giây và sau đó được làm mát tới nhiệt độ của nhiệt độ bể mạ cộng 10°C bằng cách thổi khí N_2 , và sau đó được ngâm trực tiếp vào bể mạ.

Thời gian ngâm trong bể mạ đã được định rõ là 0,2 giây cho tấm không mạ kim loại ban đầu trong quy trình mạ bất kỳ. Mỗi tấm thép mạ kim loại đã được chuẩn bị bằng cách điều chỉnh áp suất của khí trong thao tác lau khí N_2 bằng cách mà độ dày của lớp mạ là 20 μm ($\pm 1 \mu\text{m}$). Quy trình xử lý từ ngâm vào bể mạ tới hoàn thành việc lau đã được hoàn thành trong một giây bằng cách chạy tốc độ cao của thiết bị mạ hàng loạt, và nhiệt độ đã được giảm ngay tới điểm nóng chảy của lớp mạ tạo thành bằng cách thổi khí N_2 .

Sáu quy trình mạ khác nhau dưới đây đã được triển khai.

Phương pháp A: Nhiệt độ bể mạ đã là điểm nóng chảy của bể mạ cộng 20°C. Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bể mạ, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của lớp mạ tạo thành. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bể mạ đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là 15 (± 5) °C/giây và từ 250°C đến 150°C ở tốc độ

làm mát trung bình là $7,5 (\pm 2,5) ^\circ\text{C}/\text{giây}$. Tuy nhiên, nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ làm mát là nhiều hơn $5^\circ\text{C}/\text{giây}$ và việc ủ ở nhiệt độ là 420°C hoặc cao hơn được giữ lại khoảng ít hơn 5 giây.

Phương pháp B: Nhiệt độ bề mặt đã là điểm nóng chảy của bề mặt cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mặt, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của lớp mạ tạo thành. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát (làm mát sương mù) trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 150°C ở tốc độ làm mát trung bình là $40 (\pm 10) ^\circ\text{C}/\text{giây}$. Tuy nhiên, nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ làm mát là nhiều hơn $5^\circ\text{C}/\text{giây}$ và việc ủ ở nhiệt độ của 420°C hoặc cao hơn được giữ lại khoảng ít hơn 5 giây.

Phương pháp C: Nhiệt độ bề mặt đã là điểm nóng chảy của bề mặt cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mặt, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bề mặt. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ làm mát trung bình là $4 (\pm 1) ^\circ\text{C}/\text{giây}$ (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây) và từ 420°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là $15 (\pm 5) ^\circ\text{C}/\text{giây}$.

Phương pháp D: Nhiệt độ bề mặt đã là điểm nóng chảy của bề mặt cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mặt, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bề mặt. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ làm mát trung bình là $4 (\pm 1) ^\circ\text{C}/\text{giây}$ (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây) và từ 420°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là $30 (\pm 5) ^\circ\text{C}/\text{giây}$.

Phương pháp E: Nhiệt độ bề mặt đã là điểm nóng chảy của bề mặt cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mặt, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bề mặt. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ làm mát trung bình là $8 (\pm 2) ^\circ\text{C}/\text{giây}$ (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây) và từ 420°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là $15 (\pm 5) ^\circ\text{C}/\text{giây}$.

Phương pháp F: Nhiệt độ bề mặt đã là điểm nóng chảy của bề mặt cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mặt, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bề mặt. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mặt đến 420°C ở tốc độ

độ làm mát trung bình là $8 (\pm 2) ^\circ\text{C}/\text{giây}$ (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây) và từ 420°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là $30 (\pm 5) ^\circ\text{C}/\text{giây}$.

Đo phần diện tích của mỗi pha

Các đoạn mẫu chứa mặt cắt ngang của lớp mạ (mặt cắt ngang của lớp mạ được cắt theo hướng độ dày) đã được cắt bỏ khỏi các tấm thép mạ kim loại nhận được. Tiếp theo, các phần diện tích của các pha sau đây có mặt ở lớp hợp kim Zn-Al-Mg đã được đo theo phương pháp hiện thời bất kỳ:

- phần diện tích của pha MgZn_2 ,
- phần diện tích của pha Al,
- phần diện tích của pha Zn,
- phần diện tích của kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- MgZn_2 (được chỉ báo trên các bảng bởi “Kết cấu eutecti ba nguyên tố”),
- phần diện tích của pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B (được chỉ báo trên các bảng bởi “hợp chất B”): tổng phần diện tích của pha Al_2CaB_5 và các pha hợp chất được dẫn ra từ pha Al_2CaB_5 với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg,
- phần diện tích của các pha hợp chất liên kim loại Mg với Sn, Bi hoặc In (được chỉ báo trên các bảng bởi “hợp chất Sn”): tổng phần diện tích của các pha Mg_2Sn , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In
- phần diện tích của các hợp chất liên kim loại khác: tổng phần diện tích của pha Mg_2Si , pha Ca_2Si , pha CaSi , pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al (được chỉ báo trên các bảng bởi “CZA”), và pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si (được chỉ báo trên các bảng bởi “CZAS”) (tuy nhiên, mỗi pha với sự xác nhận về sự có mặt của nó được chỉ báo bởi “Ex” mà không thể hiện phần diện tích của pha).

Khả năng hàn hồ quang của lớp mạ

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá khả năng hàn hồ quang của lớp mạ như sau.

Hai mẫu vuông 100 mm đã được chuẩn bị và máy hàn CO_2/MAG đã được sử dụng để hàn chúng vào mẫu nổi chông hàn gờ. Các tấm thép mạ kim loại đã được liên kết với nhau bằng cách hàn hồ quang với độ rộng chông lẩn là 10 mm dọc theo một cạnh của mỗi tấm thép mạ kim loại và với khoảng cách hàn là 0 mm và độ dài chân là khoảng 6 mm. Tốc độ hàn là 0,3 m/phút; lõi hàn là lõi rắn YGW14, $\phi 12$; tốc độ dòng khí chắn CO_2 là 15 l/phút; dòng điện hàn từ 150 đến 250 (A); điện áp hồ quang từ 20 đến 24 V; việc hàn đã bao gồm hai lớp hàn. Các mối hàn đã được xác nhận bằng cách

quan sát các mối hàn tiềm năng từ đỉnh trong việc thử truyền qua tia x để xác định sự chiếm giữ rỗ khí Bs (%).

Sự chiếm giữ rỗ khí Bs của các tấm thép mạ Zn và mạ hợp kim Zn-Al-Mg là khoảng 40%; sự chiếm giữ rỗ khí Bs không ít hơn 40% đã được xếp loại là “B,” sự chiếm giữ rỗ khí Bs từ 20 đến 40% đã được xếp loại là “A,” và sự chiếm giữ rỗ khí Bs ít hơn 20% đã được xếp loại là “S.”

Đánh giá LME

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá LME như sau.

Lỗi hàn thép không gỉ $\phi 1,2$ mm (JIS Z3323 YF309LC) đã được hàn tới giữa của mỗi tấm thép mạ kim loại có kích thước là 70 mm x 150 mm theo các điều kiện hàn nêu trên (tuy nhiên, một lớp hàn) bằng cách hàn mạ trên mỗi hàn có độ dài là 75 mm và chiều rộng là từ 3 đến 5 mm để chuẩn bị mẫu thử mạ trên mỗi hàn. Tiếp theo, sự có mặt hoặc sự vắng mặt của vết nứt bất kỳ trong mỗi mẫu thử đã được xác nhận bởi thử nghiệm thâm nhập.

Trong các tấm thép mạ Zn và mạ hợp kim Zn-Al-Mg, LME đã được phát hiện ở nhiều vị trí, thể hiện trực quan các vết nứt có thể phát hiện với độ dài không ít hơn 3 mm.

Tiếp theo, LME thể hiện trực quan vết nứt có thể phát hiện với độ dài không ít hơn 5 mm đã được xếp loại là “B.”

Trong trường hợp trong đó không có LME ở khu vực được hàn (kim loại hàn) nhưng dấu vết của dấu hiệu được xác nhận ở biên giữa kim loại hàn và khu vực ảnh hưởng nhiệt hàn (HAZ) có độ dài ít hơn 5% của độ dài chu vi đã được phát hiện và, tuy nhiên, sự quan sát EPMA của mặt cắt ngang của vết nứt được chỉ báo không có sự có mặt của Zn xung quanh vết nứt, trường hợp đã được xếp loại là “A.”

Trong trường hợp trong đó không có vết nứt ở vùng xung quanh khu vực được hàn (kim loại hàn) và không có dấu vết của dấu hiệu đã được phát hiện, trường hợp đã được xếp loại là “S.”

Sự chống ăn mòn ở vùng phía sau khu vực được hàn

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá sự chống ăn mòn ở vùng phía sau khu vực được hàn như sau.

Các mẫu thử mạ trên mỗi hàn đã nhận được bằng cách giống như cách đánh giá LME. Bề mặt sau của mỗi mẫu đã được đánh giá cho sự hình thành gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 90 đến 180 chu kỳ của thử nghiệm ăn mòn gia tốc (JASO M

609-91). Trong tấm thép mạ hợp kim Zn-Al-Mg, các vết gỉ đã được tạo nên trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 90 chu kỳ. Trong tấm thép mạ Zn, bề mặt gỉ đỏ hoàn toàn đã được tạo nên.

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 90 chu kỳ đã được xếp loại là “B.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 120 chu kỳ đã được xếp loại là “A.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 150 chu kỳ đã được xếp loại là “AA.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 180 chu kỳ đã được xếp loại là “AAA.”

Việc phát hiện không có sự hình thành gỉ đỏ trên bề mặt sau của mỗi hàn sau 180 chu kỳ đã được xếp loại là “S.”

Sự chống ăn mòn ở vùng xung quanh khu vực được hàn

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá sự chống ăn mòn ở vùng xung quanh khu vực được hàn như sau.

Các mẫu thử mạ trên mỗi hàn đã nhận được bằng cách giống như cách đánh giá LME. Bề mặt của mỗi mẫu thử đã được sử dụng trong thử nghiệm phun muối (JIS Z 2371) trong 1,000 đến 1,300 giờ để đánh giá sự chống ăn mòn.

Trong tấm thép mạ hợp kim Zn-Al-Mg, việc chảy nhỏ giọt của nước chứa gỉ đỏ từ vùng xung quanh khu vực được hàn đã được phát hiện sau 1,000 giờ. Trong tấm thép mạ Zn, bề mặt gỉ đỏ hoàn toàn đã được tạo nên.

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên vùng xung quanh khu vực được hàn sau 1,000 giờ đã được xếp loại là “B.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên vùng xung quanh khu vực được hàn sau 1,100 giờ đã được xếp loại là “A.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên vùng xung quanh khu vực được hàn sau 1,200 giờ đã được xếp loại là “AA.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên vùng xung quanh khu vực được hàn sau 1,300 giờ đã được xếp loại là “AAA.”

Việc phát hiện không có sự hình thành gỉ đỏ trên vùng xung quanh khu vực được hàn sau 1,300 giờ đã được xếp loại là “S.”

Khả năng xử lý của lớp mạ

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá khả năng xử lý của lớp mạ như sau.

Thử nghiệm uốn chữ V 10R-90° đã được thực hiện trên mỗi tấm thép mạ kim loại và băng giấy bóng kính có chiều rộng từ 24 mm đã được gắn vào máng chữ V và sau đó được bóc ra để phát hiện trực quan sự hình thành bụi bất kỳ ở máng.

Việc phát hiện các bụi được bóc được gắn vào băng đã được xếp loại là “B.”

Việc phát hiện không có các bụi được bóc trên băng đã được xếp loại là “A.”

Các kết quả của ví dụ A được tóm tắt trên các bảng từ 1-1 đến 1-6.

Bảng 1-1-1

Số			Loại	Điểm nóng chảy của bể mạ	Phương pháp mạ	Các thành phần (% theo khối lượng)																								
						Zn	Al	Mg	Ca	Si	Fe	B	Nhóm A			Nhóm B						Nhóm C			Nhóm D					
													Y	La	Ce	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Sr	Sb	Pb	Sn	Bi	In	
1A		C	460	Phương pháp C	73	20	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2A		C	460	Phương pháp C	73	21	5	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3A		E	460	Phương pháp C	72	21	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
4A		C	460	Phương pháp A	72	21	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
5A		C	460	Phương pháp B	72	21	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
6A		E	460	Phương pháp D	72	21	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0
7A		E	460	Phương pháp C	69,9	22	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0,1	0	0,1	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0,5	0	0
8A		E	460	Phương pháp C	69,7	23	6	0,5	0	0,5	0	0,5	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0
9A		E	460	Phương pháp C	67,3	25	6	0,5	0,2	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0
10A		E	470	Phương pháp C	65,8	27	6	0,5	0,2	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11A		E	490	Phương pháp C	63,8	29	6	0,5	0,2	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12A		E	510	Phương pháp E	61,8	31	6	0,5	0,2	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

[illegible]

30A	E	530	Phương pháp E	54	29	15	1,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31A	E	490	Phương pháp C	49,8	33	15	1,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
32A	E	520	Phương pháp E	53,5	25	19	2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
33A	E	520	Phương pháp E	49,5	29	19	2	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
34A	E	510	Phương pháp E	45,3	33	19	2	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
35A	C	520	Phương pháp E	54	25	20	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bảng 1-1-2

Số	Các thành phần (% theo khối lượng)				
	Tổng hàm lượng của nhóm A	Tổng hàm lượng của Ca + Nhóm A	Tổng hàm lượng của nhóm B	Tổng hàm lượng của nhóm C	Tổng hàm lượng của nhóm D
1A	0	0,5	0	0	0
2A	0	0,5	0	0	0
3A	0	0,5	0	0,05	0

4A	0	0,5	0	0,05	0
5A	0	0,5	0	0,05	0
6A	0	0,5	0	0,05	0
7A	0,1	0,6	0,2	0,2	0,5
8A	0	0,5	0	0,05	0
9A	0	0,5	0	0,5	0
10A	0	0,5	0	0	0
11A	0	0,5	0	0	0
12A	0	0,5	0	0	0
13A	0	0,5	0	0	0
14A	0	0,5	0	0	0
15A	0	0,5	0	0	0
16A	0	0,5	0	0	0
17A	0	0,5	0	0	0
18A	0	0,5	0	0	0
19A	0	0,5	0	0	0
20A	0	0,5	0	0	0

21A	0	0,5	0	0	0	0
22A	0	0,5	0	0	0	0
23A	0	0,5	0	0	0	0
24A	0	0,5	0	0	0	0
25A	0	1	0	0	0	0
26A	0	1	0	0	0	0
27A	0	1	0	0	0	0
28A	0	1	0	0	0	0
29A	0	1,5	0	0	0	0
30A	0	1,5	0	0	0	0
31A	0	1,5	0	0	0	0
32A	0	2	0	0	0	0
33A	0	2	0	0	0	0
34A	0	2	0	0	0	0
35A	0	0,5	0	0	0	0

Bảng 1-2-1

Đang 1-Z-1

Số	Loại	Điểm nóng chảy của bể mạ	Phương pháp mạ	Các thành phần (% theo khối lượng)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
				Zn	Al	Mg	Ca	Si	Fe	B	Nhóm A			Nhóm B						Nhóm C			Nhóm D																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																														
											Y	La	Ce	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Sr	Sb	Pb	Sn	Bi	In																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																										
36A	C	490	Phương pháp C	66,5	25	8	0	0	0,5	0																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											</

65A	E	490	Phương pháp C	61,5	28	9	0,9	0	0,5	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
66A	E	520	Phương pháp E	56,4	33	9	0,9	0	0,5	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67A	E	470	Phương pháp C	67,5	22	9	0,6	0	0,5	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68A	E	480	Phương pháp C	65,4	24	9	0,6	0	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69A	E	480	Phương pháp C	65,4	24	9	0,6	0	0,5	0,05	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70A	E	480	Phương pháp C	65,4	24	9	0,6	0	0,5	0,05	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bảng 1-2-2

Số	Các thành phần (% theo khối lượng)				
	Tổng hàm lượng của nhóm A	Tổng hàm lượng của Ca + nhóm A	Tổng hàm lượng của nhóm B	Tổng hàm lượng của nhóm C	Tổng hàm lượng của nhóm D
36A	0	0	0	0	0
37A	0	0,1	0	0	0
38A	0	0,1	0	0	0

39A	0	1	0	0	0
40A	0	1	0	0	0
41A	0	1	0	0	0
42A	0	1	0	0	0
43A	0	2	0	0	0
44A	0	2	0	0	0
45A	0	2	0	0	0
46A	0	2,5	0	0	0
47A	0	2,5	0	0	0
48A	0	3	0	0	0
49A	0	0,8	0	0	0
50A	0	0,8	0	0	0
51A	0	0,8	0	0	0
52A	0	0,8	0	0	0
53A	0	0,8	0	0	0
54A	0	0,8	0	0	0
55A	0	0,8	0	0	0

56A	0	0,5	0	0	0	0
57A	0	0,5	0	0	0	0
58A	0	1	0	0	0	0
59A	0	1	0	0	0	0
60A	0	1	0	0	0	0
61A	0	1	0	0	0	0
62A	0	1,5	0	0	0	0
63A	0	1,5	0	0	0	0
64A	0,05	0,95	0	0	0	0
65A	0,1	1	0	0	0	0
66A	0,2	1,1	0	0	0	0
67A	0,4	1	0	0	0	0
68A	0,5	1,1	0	0	0	0
69A	0,5	1,1	0	0	0	0
70A	0,5	1,1	0	0	0	0

Bảng 1-3-1

Số		Loại	Điểm nóng chảy của bể mạ	Phương pháp mạ	Các thành phần (% theo khối lượng)																						
					Nhóm A									Nhóm B								Nhóm C				Nhóm D	
					Zn	Al	Mg	Ca	Si	Fe	B	Y	La	Ce	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Sr	Sb	Pb		
71A	C	480	Phương pháp C	64,2	25	9	0,7	0	0,5	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72A	C	480	Phương pháp C	64,2	25	9	0,7	0	0,5	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
73A	C	480	Phương pháp C	64,2	25	9	0,7	0	0,5	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
74A	C	480	Phương pháp C	64,5	25	9	0,4	0	0,5	0	0,2	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
75A	C	500	Phương pháp E	60,5	29	7	2,6	0	0,5	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
76A	E	530	Phương pháp E	58,3	26	14	1	0,2	0,5	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
77A	E	530	Phương pháp E	58,2	26	14	1	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
78A	E	530	Phương pháp F	58,2	26	14	1	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
79A	E	530	Phương pháp E	58,1	26	14	1	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
80A	E	490	Phương pháp C	60,3	28	10	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0,25	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
81A	C	490	Phương pháp C	60,2	28	10	1	0	0,5	0	0	0	0	0,3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

82A	E	490	Phương pháp C	60,3	28	10	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0,1	0	0,1	0	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
83A	E	490	Phương pháp C	62,6	29	7	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
84A	C	490	Phương pháp A	62,6	29	7	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0,05	0	0	0	0	0	0	0	0
85A	C	490	Phương pháp C	62,5	29	7	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0,1	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
86A	C	490	Phương pháp C	55,9	31	11	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,6	0	0	0	0	0
87A	E	490	Phương pháp C	56,1	31	11	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0
88A	C	490	Phương pháp C	55,9	31	11	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,2	0,2	0	0	0	0	0
89A	E	460	Phương pháp C	71,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0
90A	E	460	Phương pháp C	69,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
91A	E	460	Phương pháp C	66,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0
92A	E	460	Phương pháp C	61,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	0	0
93A	E	460	Phương pháp C	56,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15	0	0	0	0
94A	E	460	Phương pháp C	51,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	0	0	0	0
95A	C	460	Phương pháp C	49,8	21	6	0,5	0,2	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	22	0	0	0	0
96A	E	470	Phương pháp C	62,5	23	11	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
97A	E	470	Phương pháp C	62,5	23	11	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
98A	C	480	Phương pháp C	59	25	12	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0

99A	C	480	Phương pháp C	59	25	12	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5
100A	E	490	Phương pháp C	57	26	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1	1
101A	C	490	Phương pháp C	46	26	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	1,5	1,5
102A	C	Zn-Al-Mg		85,8	11	3	0	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
103A	C	Zn mạ nhúng nóng		99,8	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bảng 1-3-2

Số	Các thành phần (% theo khối lượng)				
	Tổng hàm lượng của nhóm A	Tổng hàm lượng của Ca + Nhóm A	Tổng hàm lượng của nhóm B	Tổng hàm lượng của nhóm C	Tổng hàm lượng của nhóm D
71A	0,6	1,3	0	0	0
72A	0,6	1,3	0	0	0
73A	0,6	1,3	0	0	0
74A	0,6	1	0	0	0

75A	0,4	3	0	0	0
76A	0	1	0,05	0	0
77A	0	1	0,1	0	0
78A	0	1	0,1	0	0
79A	0	1	0,2	0	0
80A	0	1	0,25	0	0
81A	0	1	0,3	0	0
82A	0	1	0,25	0	0
83A	0	0,5	0,25	0	0
84A	0	0,5	0,25	0	0
85A	0	0,5	0,3	0	0
86A	0	1	0	0,6	0
87A	0	1	0	0,4	0
88A	0	1	0	0,6	0
89A	0	0,5	0	0	0,05
90A	0	0,5	0	0	2
91A	0	0,5	0	0	5

92A	0	0,5	0	0	10
93A	0	0,5	0	0	15
94A	0	0,5	0	0	20
95A	0	0,5	0	0	22
96A	0	1	0	0	2
97A	0	1	0	0	2
98A	0	1	0	0	2,5
99A	0	1	0	0	2,5
100A	0	0,5	0	0	10
101A	0	0,5	0	0	21
102A	0	0	0	0	0
103A	0	0	0	0	0

Bảng 1-4-1

Bảng 1-4-1													
Số	Loại	Các pha cấu thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần diện tích, %)											
		A + B + C			Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Hợp chất B	Hợp chất Sn	Các hợp chất liên kim loại khác					
		MgZn ₂	Al	Zn				Tổng	Mg ₂ Si	Ca ₂ Si	CaSi	CZAS	CZA

1A	C	59	9	23	68	91	3	0	0	6						Ex
2A	C	48	20	22	68	90	3	0	0	7						Ex
3A	E	61	21	8	82	90	2	0	0	8						Ex
4A	C	56	17	13	73	86	8	0	0	6						Ex
5A	C	54	23	9	77	86	7	0	0	7						Ex
6A	E	62	25	8	87	95	2	0	0	3						Ex
7A	E	62	20	6	82	88	2	2	1	7						Ex
8A	E	69	21	7	90	97	1	1	0	1						Ex
9A	E	68	23	6	91	97	0	0	0	3		Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
10A	E	67	27	3	94	97	0	0	0	3			Ex	Ex	Ex	Ex
11A	E	65	28	4	93	97	0	0	0	3			Ex	Ex	Ex	Ex
12A	E	63	31	4	94	98	0	0	0	2			Ex	Ex	Ex	Ex
13A	C	53	31	8	84	92	6	0	0	2			Ex	Ex	Ex	Ex
14A	E	62	33	3	95	98	0	0	0	2			Ex	Ex	Ex	Ex
15A	E	62	33	3	95	98	0	0	0	2			Ex	Ex	Ex	Ex
16A	E	60	35	1	95	96	0	0	0	4			Ex	Ex	Ex	Ex
17A	C	58	37	1	95	96	0	0	0	4			Ex	Ex	Ex	Ex

18A	E	66	26	6,5	92	98,5	0	0	0	0	1,5					Ex
19A	E	60	26	5	86	91	0	0	0	0	9					Ex
20A	E	64	26	5	90	95	0	0	0	0	5					Ex
21A	C	61	22	11	83	94	0	0	0	0	6					Ex
22A	E	65	28	3	93	96	0	0	0	0	4					Ex
23A	E	66	31	0	97	97	0	0	0	0	3	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
24A	E	66	32	0	98	98	0	0	0	0	2	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
25A	E	69	23	4	92	96	0	0	0	0	4					Ex
26A	C	63	23	7	86	93	6	0	0	0	1					Ex
27A	E	69	27	2	96	98	0	0	0	0	2					Ex
28A	E	66	32	0	98	98	0	0	0	0	2	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
29A	E	75	20	2	95	97	0	0	0	0	3					Ex
30A	E	73	23	2	96	98	0	0	0	0	2					Ex
31A	E	70	27	0	97	97	0	0	0	0	3	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
32A	E	75	23	0	98	98	0	0	0	0	2					Ex
33A	E	74	23	0	97	97	0	0	0	0	3					Ex
34A	E	71	25	0	96	96	0	0	0	0	4	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex

35A	C	76	23	0	99	99	0	0	0	1				Ex
-----	---	----	----	---	----	----	---	---	---	---	--	--	--	----

Bảng 1-4-2

Số	Sự chiếm giữ rõ khí	LME	Sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các mối hàn	Sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các mối hàn	Khả năng xử lý uốn chữ V
1A	B	B	B	AAA	A
2A	B	B	A	AAA	A
3A	A	A	A	AAA	A
4A	B	B	A	AAA	A
5A	B	B	A	AAA	B
6A	A	A	A	AAA	B
7A	A	S	AA	S	A
8A	S	S	A	AAA	A
9A	S	A	AA	AAA	A
10A	S	A	AA	AAA	A
11A	S	A	AA	AA	A
12A	S	A	AA	A	A

13A	B	B	AA	A	B
14A	S	A	AA	A	A
15A	S	A	AA	A	B
16A	S	A	AA	A	A
17A	S	A	AA	B	A
18A	S	A	A	AAA	A
19A	S	A	A	AAA	B
20A	S	A	A	AA	A
21A	B	B	A	AA	A
22A	S	A	A	AA	A
23A	S	A	AA	A	A
24A	S	A	AA	A	A
25A	S	A	AA	AA	A
26A	B	B	AA	AA	B
27A	S	A	AA	AA	A
28A	S	A	AAA	A	A
29A	S	A	AA	AA	A

30A	S	A	AA	AA	A
31A	S	A	AAA	A	A
32A	S	A	AA	AA	A
33A	S	A	AA	AA	A
34A	S	A	AAA	A	A
35A	B	B	B	B	B

Bảng 1-5-1

Bảng 1-5-1

Số	Loại	Các pha cấu thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần diện tích, %)														
		A + B + C						Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Hợp chất B	Hợp chất Sn	Các hợp chất liên kim loại khác					
		MgZn ₂	Al	Zn	A + B	C	Tổng				Mg ₂ Si	Ca ₂ Si	CaSi	CZAS	CZA	
36A	C	65	26	9	91	100	0	0	0	0						
37A	E	65	26	8	91	99	0	0	0	1						Ex
38A	E	65	25	9	90	99	0	0	0	1						Ex
39A	E	65	25	6	90	96	0	0	0	4						Ex
40A	E	65	32	1	97	98	0	0	0	2						Ex
41A	C	61	23	7	84	91	6	0	0	3						Ex

42A	E	65	32	1	97	98	0	0	0	2					Ex
43A	E	65	25	4	90	94	0	0	0	6					Ex
44A	E	65	33	0	98	98	0	0	0	2					Ex
45A	E	65	33	0	98	98	0	0	0	2					Ex
46A	E	67	26	2	93	95	0	0	0	5					Ex
47A	E	66	32	0	98	98	0	0	0	2					Ex
48A	C	62	24	0	86	86	0	0	0	14					Ex
49A	E	72	23	0	95	95	0	0	0	5		Ex		Ex	Ex
50A	E	70	28	0	98	98	0	0	0	2		Ex		Ex	Ex
51A	E	72	22	0	94	94	0	0	0	6		Ex	Ex	Ex	
52A	E	71	27	0	98	98	0	0	0	2		Ex	Ex	Ex	
53A	E	73	23	0	96	96	0	0	0	4	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
54A	E	70	28	0	98	98	0	0	0	2	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
55A	C	72	23	0	95	95	0	0	0	5	Ex	Ex	Ex	Ex	Ex
56A	E	65	24	8	89	97	0	1	0	2					Ex
57A	E	64	28	6	92	98	0	1	0	1					Ex
58A	E	65	27	4	92	96	0	1	0	3					Ex

59A	E	67	29	0	96	96	0	1	0	3	Ex	Ex	Ex
60A	E	68	24	3	92	95	0	1	0	4			Ex
61A	E	67	29	0	96	96	0	1	0	3	Ex	Ex	Ex
62A	E	69	23	3	92	95	0	1	0	4			Ex
63A	C	68	29	1	97	98	0	1	0	1	Ex	Ex	Ex
64A	E	70	22	1	92	93	3	0	0	4			Ex
65A	E	68	27	2	95	97	0	0	0	3			Ex
66A	E	66	32	0	98	98	0	0	0	2			Ex
67A	E	69	22	4	91	95	3	0	0	2			Ex
68A	E	71	23	3	94	97	1	0	0	2			Ex
69A	E	70	23	3	93	96	1	1	0	2			Ex
70A	E	70	24	3	94	97	1	1	0	1			Ex

Bảng 1-5-2

Số	Sự chiếm giữ rõ khí	LME	Sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các mối hàn	Sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các mối hàn	Khả năng xử lý uốn chữ V
36A	B	B	B	B	A

37A	S	A	A	AAA	B
38A	S	A	A	AAA	A
39A	S	A	A	AAA	A
40A	S	A	A	A	A
41A	B	B	A	A	A
42A	S	A	A	A	B
43A	S	A	A	AA	A
44A	S	A	A	A	A
45A	S	A	A	A	B
46A	S	A	A	AA	A
47A	S	A	A	A	A
48A	B	B	B	B	B
49A	S	A	AAA	AA	A
50A	S	A	AAA	AA	A
51A	S	A	AAA	AA	A
52A	S	A	AAA	A	A
53A	S	A	AAA	AA	A

54A	S	A	AAA	A	A	A
55A	B	B	B	B	B	B
56A	S	S	A	AA	AA	A
57A	S	S	A	A	A	A
58A	S	S	AA	AA	AA	A
59A	S	S	AAA	A	A	A
60A	S	S	AA	AA	AA	A
61A	S	S	AAA	A	A	A
62A	S	S	AA	AA	AA	A
63A	B	B	B	B	B	B
64A	A	A	AA	AAA	AAA	A
65A	S	A	AA	AA	AA	A
66A	S	A	AA	A	A	A
67A	A	A	AA	AAA	AAA	A
68A	S	A	AA	AA	AA	A
69A	S	S	AA	AA	AA	A
70A	S	S	AA	AA	AA	A

Bảng 1-6-1

Số		Loại	Các pha cấu thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần diện tích, %)																		
			A + B + C					Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Hợp chất B	Hợp chất Sn	Các hợp chất liên kim loại khác										
			MgZn ₂	Al	Zn	A + B	A + B + C				Tổng	Mg ₂ Si	Ca ₂ Si	CaSi	CZAS	CZA					
			A	B	C																
71A	C	70	23	4	93	97	0	0	0	0	3									Ex	
72A	C	70	24	4	94	98	0	0	0	0	2									Ex	
73A	C	70	23	4	93	97	0	0	0	0	3									Ex	
74A	C	69	25	4	94	98	0	0	0	0	2									Ex	
75A	C	67	27	1	94	95	0	0	0	0	5									Ex	
76A	E	73	23	1	96	97	0	0	0	0	3							Ex		Ex	
77A	E	72	23	1	95	96	0	0	0	0	4							Ex		Ex	
78A	E	72	23	1	95	96	0	0	0	0	4							Ex		Ex	
79A	E	73	24	1	97	98	0	0	0	0	2							Ex		Ex	
80A	E	72	26	0	98	98	0	0	0	0	2									Ex	
81A	C	72	27	0	99	99	0	0	0	0	1									Ex	
82A	E	70	28	0	98	98	0	0	0	0	2									Ex	

83A	E	64	28	6	92	98	0	0	0	0	2					Ex	Ex
84A	C	58	21	10	79	89	6	0	0	0	5					Ex	Ex
85A	C	62	30	6	92	98	0	0	0	0	2					Ex	Ex
86A	C	66	31	0	97	97	0	0	0	0	3						Ex
87A	E	65	32	0	97	97	0	0	0	0	3						Ex
88A	C	67	30	0	97	97	0	0	0	0	3						Ex
89A	E	63	24	8	87	95	2	0	0	1	2					Ex	Ex
90A	E	64	23	7	87	94	3	0	0	1	2					Ex	Ex
91A	E	60	21	6	81	87	2	0	0	2	9					Ex	Ex
92A	E	57	20	6	77	83	3	0	0	12	2					Ex	Ex
93A	E	54	20	7	74	81	2	0	0	15	2					Ex	Ex
94A	E	50	20	6	70	76	3	0	0	18	3					Ex	Ex
95A	C	46	22	7	68	75	2	0	0	21	2					Ex	Ex
96A	E	69	25	0	94	94	1	0	0	0	5						Ex
97A	E	70	24	1	94	95	1	0	0	0	4						Ex
98A	C	66	26	1	92	93	0	0	0	0	7						Ex
99A	C	66	25	1	91	92	0	0	0	0	8						Ex

100A	E	66	27	5	93	98	0	0	1	1				Ex
101A	C	58	27	5	85	90	0	0	9	1				Ex
102A	C	5	48	0	53	53	46	0	0	1	Ex			
103A	C	0	0	100	0	100	0	0	0	0				

Bảng 1-6-2

Số	Sự chiếm giữ rõ khí	LME	Sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các mối hàn	Sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các mối hàn	Khả năng xử lý uốn chữ V
71A	B	B	B	B	A
72A	B	B	B	B	A
73A	B	B	B	B	A
74A	B	B	B	B	A
75A	B	B	B	B	B
76A	S	A	S	AA	A
77A	S	A	S	AA	A
78A	S	A	S	AA	B
79A	S	A	S	AA	A

80A	S	A	AAA	AA	A
81A	B	B	B	B	B
82A	S	A	AAA	AA	A
83A	S	A	AAA	AA	A
84A	B	B	AAA	AA	A
85A	B	B	B	B	B
86A	B	B	B	B	B
87A	S	A	AA	A	A
88A	B	B	B	B	B
89A	A	A	AA	S	A
90A	A	A	AA	S	A
91A	A	A	AA	S	A
92A	A	A	AA	S	A
93A	A	A	AA	S	A
94A	A	A	AA	S	A
95A	A	A	AA	B	A
96A	S	A	AA	AAA	A

97A	S	A	AA	AAA	A
98A	B	B	B	B	B
99A	B	B	B	B	B
100A	S	A	A	AAA	A
101A	B	B	B	B	A
102A	B	B	B	B	A
103A	B	B	B	B	A

(Ví dụ B)

Các bề mạ đã được chuẩn bị nhờ sử dụng lò nóng chảy chân không và các lượng thổi kim loại nguyên chất định trước theo các điều kiện khí quyển để thu nhận các lớp mạ có thành phần bất kỳ trong số các thành phần hoá học được chỉ báo trên bảng 2-1. Thiết bị mạ nhúng nóng hàng loạt đã được sử dụng để chuẩn bị các tấm thép mạ kim loại.

Khi tấm không mạ kim loại ban đầu, tấm thép cacbon được cán nóng dày 3,2 mm có kích thước là 100 x 200 mm ($C = 0,15\%$, $Si = 0,005\%$, $Mn = 0,55\%$, $P = 0,015\%$, $S = 0,005\%$) đã được sử dụng và được làm sạch ngay trước khi mạ bằng cách tẩy nhờn và tẩy gỉ bằng axit.

Trong việc chuẩn bị mẫu bất kỳ, cùng phương pháp khử đã được thực hiện trên tấm không mạ kim loại ban đầu trong quy trình xử lý từ ngâm vào bể mạ đến rút ra khỏi bể mạ. Nghĩa là, tấm thép mạ kim loại đã được làm nóng từ nhiệt độ phòng đến 800°C bằng cách làm nóng bằng điện trong $\text{N}_2\text{-H}_2$ (5%) (ở điểm sương là -40° hoặc thấp hơn; môi trường nồng độ oxy ít hơn 25 ppm), được giữ trong 60 giây và sau đó được làm mát tới nhiệt độ của nhiệt độ bể mạ cộng 10°C bằng cách thổi khí N_2 , và sau đó được ngâm trực tiếp vào bể mạ.

Thời gian ngâm trong bể mạ đã được định rõ là 0,2 giây cho tấm không mạ kim loại ban đầu trong quy trình mạ bất kỳ. Mỗi tấm thép mạ kim loại đã được chuẩn bị bằng cách điều chỉnh áp suất của khí theo thao tác lau khí N_2 bằng cách mà độ dày của lớp mạ là $20\text{ }\mu\text{m}$ ($\pm 1\text{ }\mu\text{m}$). Quy trình xử lý từ ngâm vào bể mạ tới hoàn thành việc lau đã được hoàn thành trong một giây bằng cách chạy tốc độ cao của thiết bị mạ hàng loạt, và nhiệt độ đã được giảm ngay tới điểm nóng chảy của bể mạ bằng cách thổi khí N_2 .

Hai quy trình mạ khác nhau dưới đây đã được triển khai.

Phương pháp C (giống như phương pháp ở ví dụ A: Nhiệt độ bể mạ đã là điểm nóng chảy của bể mạ cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bể mạ, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bể mạ. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bể mạ đến 420°C ở tốc độ làm mát trung bình là $4 (\pm 1)^{\circ}\text{C/giây}$ (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 5 giây) và từ 420°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là $15 (\pm 5)^{\circ}\text{C/giây}$.

Phương pháp G: Nhiệt độ bể mạ đã là điểm nóng chảy của bể mạ cộng 20°C . Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bể mạ, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bể mạ. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình

làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mạ đến 350°C ở tốc độ làm mát trung bình là 4 ($\pm$ 1) °C/giây (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 7 giây) và từ 350°C đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là 15 ($\pm$ 5) °C/giây.

Phương pháp H: Nhiệt độ bề mạ đã là điểm nóng chảy của bề mạ cộng 20°C. Sau khi rút tấm không mạ kim loại ban đầu khỏi bề mạ, thao tác lau đã được hoàn thành ở nhiệt độ chỉ trên điểm nóng chảy của bề mạ. Lớp mạ đã nhận được ở quy trình làm mát trong đó nhiệt độ được giảm từ điểm nóng chảy của bề mạ đến 250°C ở tốc độ làm mát trung bình là 4 ($\pm$ 2) °C/giây (việc ủ ở nhiệt độ 420°C hoặc cao hơn đã được giữ lại khoảng nhiều hơn 10 giây).

Các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng tương tự như ví dụ A để xác định phần diện tích của mỗi pha và đánh giá các tính chất khác nhau.

Tuy nhiên, khi sự có mặt của các pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al và Ca-Zn-Al đã được xác nhận, kích thước hạt trung bình của mỗi pha hợp chất đã được đo theo phương pháp hiện thời bất kỳ. Tiếp theo, các kích thước hạt trung bình được thể hiện trên các bảng. Đơn vị dùng cho các kích thước hạt trung bình là “ μ m.”

Ngoài ra, các tấm thép mạ kim loại nhận được đã được sử dụng để đánh giá sự chống ăn mòn sau khi mạ như sau.

Các mẫu thử mạ trên mỗi hàn đã được chuẩn bị bằng cách giống như cách đánh giá LME được thực hiện ở ví dụ A. Việc điều hòa bề mặt đã được thực hiện ở nhiệt độ phòng trong 20 giây trên mỗi mẫu thử nhờ sử dụng chất xử lý điều hòa bề mặt (tên sản phẩm: Prepalene-X) được sản xuất bởi công ty TNHH Nihon Parkerizing.

Tiếp theo, mạ biến đổi photphat đã được thực hiện nhờ sử dụng dung dịch xử lý biến đổi dựa trên kẽm photphat (tên sản phẩm: Palbond 3020) được sản xuất bởi công ty TNHH Nihon Parkerizing. Cụ thể là, sản phẩm thép được cuộn nóng đã được ngâm trong dung dịch xử lý ở 43°C trong 120 giây. Việc ngâm đã dẫn đến sự hình thành của màng mỏng mạ biến đổi photphat trên bề mặt của sản phẩm thép.

Tiếp theo, mẫu thử mạ trên mỗi hàn sau khi mạ biến đổi photphat đã được sơn với sơn điện cực cation được sản xuất bởi công ty TNHH Nipponpaint, bởi lớp phủ kết tủa điện phân với ứng dụng độ dốc của điện ở 160 V, và sau đó được nung ở 170°C trong 20 phút. Độ dày màng mỏng mạ trung bình sau khi mạ kết tủa điện phân là 15 μ m trong mẫu bất kỳ.

Tiếp theo, mẫu thử đã được trải qua thử nghiệm JASO (M609-91) để nhận dạng sự hình thành gỉ đỏ xung quanh mỗi hàn sau khi sơn.

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên mỗi hàn hoặc khu vực ảnh hưởng nhiệt trước

khi lên đến 90 chu kỳ đã được xếp loại là “B.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên mỗi hàn hoặc khu vực ảnh hưởng nhiệt trước khi lên đến 120 chu kỳ đã được xếp loại là “A.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên mỗi hàn hoặc khu vực ảnh hưởng nhiệt trước khi lên đến 150 chu kỳ đã được xếp loại là “AA.”

Việc phát hiện các vết gỉ đỏ trên mỗi hàn hoặc khu vực ảnh hưởng nhiệt trước khi lên đến 180 chu kỳ đã được xếp loại là “AAA.”

Các kết quả của ví dụ B được tóm tắt trên các bảng từ 2-1 đến 2-2.

Bảng 2-1-1

Số		Loại	Điểm nóng chảy của bề mạ	Phương pháp mạ	Các thành phần (% theo khối lượng)																									
					Zn	Al	Mg	Ca	Si	Fe	B	Nhóm A				Nhóm B						Nhóm C				Nhóm D				
													Y	La	Ce	Cr	Ti	Ni	Co	V	Nb	Cu	Mn	Sr	Sb	Pb	Sn	Bi	In	
1B		C	460	Phương pháp C	73	20	6	0,5	0	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2B		E	460	Phương pháp G	73	20	6	0,5	0	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3B		E	460	Phương pháp H	73	20	6	0,5	0	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4B		E	470	Phương pháp C	68	22	9	0,6	0	0,5	0		0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5B		E	460	Phương pháp G	68	22	9	0,6	0	0,5	0		0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6B		E	460	Phương pháp H	68	22	9	0,6	0	0,5	0		0,2	0,2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7B		E	460	Phương pháp C	70	23	6	0,5	0	0,5	0,3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
8B		E	460	Phương pháp G	70	23	6	0,5	0	0,5	0,3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
9B		E	460	Phương pháp H	70	23	6	0,5	0	0,5	0,3		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,05	0	0	0	0
10B		E	460	Phương pháp G	73	20	6	0,5	0,3	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11B		E	460	Phương pháp H	73	20	6	0,5	0,3	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12B		E	460	Phương pháp G	74	19	6	0,5	0	0,5	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

13B	E	460	Phương pháp H	74	19	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14B	E	460	Phương pháp G	74	19	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15B	E	460	Phương pháp H	74	19	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16B	E	460	Phương pháp G	74	19	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17B	E	460	Phương pháp H	74	19	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
18B	E	460	Phương pháp G	74	18	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
19B	E	460	Phương pháp H	74	18	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0
20B	E	460	Phương pháp G	75	18	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21B	E	460	Phương pháp H	75	18	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22B	E	460	Phương pháp G	76	17	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23B	E	460	Phương pháp H	76	17	6	0,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24B	E	460	Phương pháp G	76	17	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25B	E	460	Phương pháp H	76	17	6	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
26B	E	460	Phương pháp G	76	17	9	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27B	E	470	Phương pháp H	76	17	9	0,5	0,3	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28B	E	470	Phương pháp G	76	17	6	0,5	0,3	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0
29B	E	460	Phương pháp H	76	17	6	0,5	0,3	0,5	0,1	0	0	0	0	0	0	0	0

6B	0,4	1	0	0	0	0
7B	0	0,5	0	0	0,05	0
8B	0	0,5	0	0	0,05	0
9B	0	0,5	0	0	0,05	0
10B	0	0,5	0	0	0	0
11B	0	0,5	0	0	0	0
12B	0	0,5	0	0	0	0
13B	0	0,5	0	0	0	0
14B	0	0,5	0,2	0	0	0
15B	0	0,5	0,2	0	0	0
16B	0	0,5	0	0	0	0
17B	0	0,5	0	0	0	0
18B	0	0,5	0	0	0	1
19B	0	0,5	0	0	0	1
20B	0,2	0,7	0	0	0	0
21B	0,2	0,7	0	0	0	0
22B	0	0,5	0	0	0	0

23B	0	0,5	0	0	0	0
24B	0	0,5	0	0	0	0
25B	0	0,5	0	0	0	0
26B	0	0,5	0	0	0	0
27B	0	0,5	0	0	0	0
28B	0	0,5	0	0	0	0
29B	0	0,5	0	0	0	0
30B	0	0,2	0	0	0	0
31B	0	0,2	0	0	0	0
32B	0	0,2	0	0	0	0
33B	0	0,2	0	0	0	0
34B	0	0,2	0	0	0	0
35B	0	0,2	0	0	0	0
36B	0	0,2	0	0	0	0
37B	0	0,2	0	0	0	0

Bảng 2-2-1

Bảng 2-2-1																	
Số	Loại	Các pha cấu thành của lớp hợp kim Zn-Al-Mg (phần diện tích, %)															
		MgZn ₂					A + B	A + B + C	Kết cấu eutecti ba nguyên tố	Hợp chất B	Hợp chất Sn	Các hợp chất liên kim loại khác					
		A	B	Al	Zn	C						Tổng	Mg ₂ Si	Ca ₂ Si	CaSi	CZAS	CZA
1B	C	59	9	23	68	91	3	0	0	6						0,5	
2B	E	60	16	9	76	85	4	0	0	11						1	
3B	E	60	16	11	76	87	4	0	0	9						1,1	
4B	E	69	22	4	91	95	3	0	0	2						0,5	
5B	E	70	21	3	91	94	3	2	0	1						1,1	
6B	E	70	21	3	91	94	3	2	0	1						1,1	
7B	E	69	21	7	90	97	1	1	0	1						0,5	
8B	E	68	22	7	90	97	1	1	0	1						1,1	
9B	E	68	22	7	90	97	1	1	0	1						1,1	
10B	E	60	16	9	76	85	4	0	0	11				1,1		1,1	
11B	E	60	16	11	76	87	4	0	0	9				1,1		1,1	
12B	E	60	14	10	74	84	4	0	0	12						1,1	
13B	E	60	14	12	74	86	4	0	0	10						1,1	
14B	E	60	14	10	74	84	4	0	0	12						1,1	

15B	E	60	14	12	74	86	4	0	0	10					1,1
16B	E	60	14	10	74	84	4	0	0	12					1,1
17B	E	60	14	12	74	86	4	0	0	10				1,1	1,1
18B	E	58	11	9	69	78	5	0	1	16				1,1	1,1
19B	E	58	11	11	69	80	5	0	1	14				1,1	1,1
20B	E	58	12	9	70	79	5	0	0	16					1,1
21B	E	58	12	11	70	81	5	0	0	14					1,1
22B	E	60	10	10	70	80	5	0	0	15					1,1
23B	E	60	10	13	70	83	5	0	0	12					1,1
24B	E	60	10	11	70	81	5	0	0	14				1,1	1,1
25B	E	60	10	13	70	83	5	0	0	12				1,1	1,1
26B	E	66	10	10	76	86	5	0	0	9				1,1	1,1
27B	E	66	10	12	76	88	5	0	0	7				1,1	1,1
28B	E	60	10	11	70	81	5	1	0	13				1,1	1,1
29B	E	60	10	13	70	83	5	1	0	11				1,1	1,1
30B	E	59	8	13	67	80	5	0	0	15					1
31B	E	59	8	15	67	82	5	0	0	13					1

32B	E	59	8	13	67	80	5	0	0	15			1,1	1,1
33B	E	59	8	15	67	82	5	0	0	13			1,1	1,1
34B	C	57	8	18	65	83	7	0	0	10				0,8
35B	C	57	8	20	65	85	7	0	0	8				0,8
36B	C	57	8	18	65	83	7	0	0	10				0,8
37B	C	57	8	20	65	85	7	0	0	8			0,8	0,8

Bảng 2-2-2

Số	Sự chiếm giữ rỗ khí	LME	Sự chống ăn mòn ở các vùng phía sau các mối hàn	Sự chống ăn mòn ở các vùng xung quanh các mối hàn	Khả năng xử lý uốn chữ V	Sự chống ăn mòn sau khi mạ
1B	B	B	B	AAA	A	AAA
2B	A	A	A	AAA	A	AAA
3B	A	A	A	AAA	A	AAA
4B	A	A	AA	AAA	A	AA
5B	A	A	AA	AAA	A	AA
6B	A	A	AA	AAA	A	AA
7B	S	S	A	AAA	A	A

8B	S	S	A	AAA	A	A
9B	S	S	A	AAA	A	A
10B	A	A	AA	AAA	A	AAA
11B	A	A	AA	AAA	A	AAA
12B	A	A	A	AAA	A	AAA
13B	A	A	A	AAA	A	AAA
14B	A	A	AA	AAA	A	AAA
15B	A	A	AA	AAA	A	AAA
16B	A	A	AA	AAA	A	AAA
17B	A	A	AA	AAA	A	AAA
18B	A	A	AA	S	A	AAA
19B	A	A	AA	S	A	AAA
20B	A	A	AA	AAA	A	AAA
21B	A	A	AA	AAA	A	AAA
22B	A	A	AA	AAA	A	AAA
23B	A	A	A	AAA	A	AAA
24B	A	A	A	AAA	A	AAA

25B	A	A	AA	AAA	A	AAA
26B	A	A	AA	AAA	A	AAA
27B	A	A	AA	AAA	A	AAA
28B	A	AA	AA	AAA	A	AAA
29B	A	AA	AA	AAA	A	AAA
30B	A	A	A	AAA	A	AAA
31B	A	A	A	AAA	A	AAA
32B	A	A	AA	AAA	A	AAA
33B	A	A	AA	AAA	A	AAA
34B	B	B	B	AAA	A	AAA
35B	B	B	B	AAA	A	AAA
36B	B	B	B	AAA	A	AAA
37B	B	B	B	AAA	A	AAA

Mặc dù các phương án ưu tiên của sáng chế đã được mô tả chi tiết dựa vào các hình vẽ kèm theo, sáng chế không được giới hạn ở chúng. Rõ ràng là, các sự thay đổi hoặc các sự cải biến khác nhau nằm trong tinh thần và phạm vi như được định rõ trong các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo có thể xảy ra với người có trình độ chuyên môn bình thường trong lĩnh vực kỹ thuật tương ứng mà trong đó sáng chế thuộc về, và được hiểu rằng các sự thay đổi hoặc các sự cải biến như vậy sẽ nằm trong phạm vi kỹ thuật của sáng chế.

Các đối tượng được chỉ báo bởi các ký hiệu số trên các hình vẽ từ Fig.1 đến Fig.5 như sau.

- 1: Pha Al (bao gồm pha Zn nguyên chất)
- 2: Pha $MgZn_2$ (dưới dạng cỡ lớn)
- 3: Kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 4: Pha $MgZn_2$ (dưới dạng cỡ lớn)
- 5: Pha Al (pha α)
- 6: Pha Al (pha β)
- 7: Pha Zn
- 8: Hợp chất B pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B (pha Al_2CaB_5 : với tỉ lệ nguyên tử được đánh giá bởi phân tích EDS định lượng)
- 9: Pha Zn trong kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 10: Pha $MgZn_2$ trong kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 11: Pha Al trong kết cấu eutecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$
- 20: Pha α (pha α điển hình)
- 21: Pha β (pha β điển hình)
- 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

Các phụ lục sau đây được bộc lộ thêm theo sáng chế.

(Phụ lục 1)

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

trong đó theo kết cấu mặt cắt tùy ý của lớp hợp kim Zn-Al-Mg tổng phần diện tích của pha $MgZn_2$ và các pha Al không ít hơn 70%, và phần diện tích của pha Zn ít hơn 10%, mỗi pha có kích thước hạt không ít hơn 1 μm về mặt đường kính của đường kính tương ứng;

trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Si , pha Ca_2Si , pha $CaSi$, pha $Ca-Zn-Al$, và pha $Ca-Zn-Al-Si$; và

trong đó lớp mạ có thành phần hoá học bao gồm, theo khối lượng,

Zn: từ nhiều hơn 44,9% đến ít hơn 74,9%;

Al: từ nhiều hơn 20% đến ít hơn 35%;

Mg: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 20%;

Ca: từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

Si: từ 0% đến 1%;

B: từ 0% đến 0,5%;

Y: từ 0% đến 0,5%;

La: từ 0% đến 0,5%;

Ce: từ 0% đến 0,5%;

Cr: từ 0% đến 0,25%;

Ti: từ 0% đến 0,25%;

Ni: từ 0% đến 0,25%;

Co: từ 0% đến 0,25%;

V: từ 0% đến 0,25%;

Nb: từ 0% đến 0,25%;

Cu: từ 0% đến 0,25%;

Mn: từ 0% đến 0,25%;

Sr: từ 0% đến 0,5%;

Sb: từ 0% đến 0,5%;

Pb: từ 0% đến 0,5%;

Sn: từ 0% đến 20%;

Bi: từ 0% đến 2%;

In: từ 0% đến 2%;

Fe: từ 0% đến 5%; và

các tạp chất, miễn là nhóm nguyên tố A gồm có Y, La, và Ce, và nhóm nguyên tố B gồm có Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn, và nhóm nguyên tố C gồm có Sr, Sb, và Pb, và nhóm nguyên tố D gồm có Sn, Bi, và In, và tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A không nhiều hơn 0,5%; tổng hàm lượng của Ca và các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A ít hơn 3,0%; tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B không nhiều hơn 0,25%; tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C không nhiều hơn 0,5%; và tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D không nhiều hơn 20%.

(Phụ lục 2)

Tấm thép mạ kim loại nhúng nóng theo phụ lục 1, trong đó hàm lượng của Al từ nhiều hơn 22% đến ít hơn 35%, và hàm lượng của Mg từ nhiều hơn 10% đến ít hơn 20%, và hàm lượng của Ca từ 0,3% đến ít hơn 3,0%, và hàm lượng của Si từ 0,1% đến 1%.

(Phụ lục 3)

Tấm thép mạ kim loại nhúng nóng theo phụ lục 1 hoặc 2, trong đó lớp mạ chứa ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm B, nhóm nguyên tố A (Y, La, Ce), nhóm nguyên tố B (Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, Mn), và nhóm nguyên tố C (Sr, Sb, Pb); và

hàm lượng của B trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa B;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0,05% đến 0,25% theo khối lượng trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong các trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố.

(Phụ lục 4)

Tấm thép mạ kim loại nhúng nóng theo phụ lục bất kỳ trong số các phụ lục từ 1 đến 3, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa Al_2CaB_5 hoặc hợp chất Ca-Al-B với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg, và trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B chứa B ở nồng độ không ít hơn 40% theo nguyên tử.

(Phụ lục 5)

Tấm thép mạ kim loại nhúng nóng theo phụ lục bất kỳ trong số các phụ lục từ 1 đến 4, trong đó lớp mạ chứa ít nhất một nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D (Sn, Bi, In), và lớp mạ thỏa mãn công thức sau đây, theo khối lượng,

$$Sn + Bi + In = 0,05\% \text{ đến } 20\%$$

và lớp mạ còn chứa ít nhất một hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Sn , Mg_3Bi_2 , và Mg_3In .

(Phụ lục 6)

Tấm thép mạ kim loại nhúng nóng theo phụ lục bất kỳ trong số các phụ lục từ 1 đến 5, trong đó lớp mạ còn chứa lớp hợp kim Al-Fe, và lớp hợp kim Al-Fe được tạo nên trên bề mặt của 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 2017-013259 được đưa vào toàn bộ ở đây nhằm viện dẫn.

Tất cả các công bố, các đơn sáng chế, và các chuẩn kỹ thuật được mô tả trong bản mô tả này được đưa vào nhằm viện dẫn ở mức độ nếu mỗi công bố, đơn sáng chế, hoặc chuẩn kỹ thuật riêng đã được chỉ báo riêng và cụ thể để được đưa vào nhằm viện dẫn.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Sản phẩm thép mạ kim loại bao gồm sản phẩm thép và lớp mạ mà được bố trí trên bề mặt của sản phẩm thép và bao gồm lớp hợp kim Zn-Al-Mg,

trong đó, trên mặt cắt ngang của lớp hợp kim Zn-Al-Mg, phần diện tích của pha $MgZn_2$ là từ 45 đến 75%, tổng phần diện tích của pha $MgZn_2$ và các pha Al không ít hơn 70%, và phần diện tích của kết cấu euctecti ba nguyên tố Zn-Al- $MgZn_2$ là từ 0 đến 5%, và

trong đó lớp mạ có thành phần hoá học bao gồm, theo khối lượng:

Zn: từ nhiều hơn 44,90% đến ít hơn 79,90%;

Al: từ nhiều hơn 15% đến ít hơn 35%;

Mg: từ nhiều hơn 5% đến ít hơn 20%;

Ca: từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

Si: từ 0% đến 1,0%;

B: từ 0% đến 0,5%;

Y: từ 0% đến 0,5%;

La: từ 0% đến 0,5%;

Ce: từ 0% đến 0,5%;

Cr: từ 0% đến 0,25%;

Ti: từ 0% đến 0,25%;

Ni: từ 0% đến 0,25%;

Co: từ 0% đến 0,25%;

V: từ 0% đến 0,25%;

Nb: từ 0% đến 0,25%;

Cu: từ 0% đến 0,25%;

Mn: từ 0% đến 0,25%;

Sr: từ 0% đến 0,5%;

Sb: từ 0% đến 0,5%;

Pb: từ 0% đến 0,5%;

Sn: từ 0% đến 20,00%;

Bi: từ 0% đến 2,0%;

In: từ 0% đến 2,0%;

Fe: từ 0% đến 5,0%; và

các tạp chất,

trong đó, miễn là nhóm nguyên tố A gồm có Y, La, và Ce, nhóm nguyên tố B gồm có Cr, Ti, Ni, Co, V, Nb, Cu, và Mn, nhóm nguyên tố C gồm có Sr, Sb, và Pb, và nhóm nguyên tố D gồm có Sn, Bi, và In:

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0% đến 0,5%;

tổng hàm lượng của Ca và các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,1% đến ít hơn 3,0%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0% đến 0,25%;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0% đến 0,5%; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D trong khoảng từ 0% đến 20,00%.

2. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm 1, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Si , pha Ca_2Si , pha $CaSi$, pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al, và pha hợp chất liên kim loại Ca-Zn-Al-Si.

3. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm 1 hoặc 2, trong đó các hàm lượng của Al, Mg, Ca, và Si lần lượt trong khoảng từ nhiều hơn 22% đến ít hơn 35%, từ nhiều hơn 10% đến ít hơn 20%, từ 0,3% đến ít hơn 3,0%, và từ 0,1% đến 1,0%.

4. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm 1 hoặc 2, trong đó hàm lượng của Al trong khoảng từ nhiều hơn 15% đến 22%.

5. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hàm lượng của B trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa B;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố A;

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B trong khoảng từ 0,05% đến 0,25% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố B; và

tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C trong khoảng từ 0,05% đến 0,5% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố C.

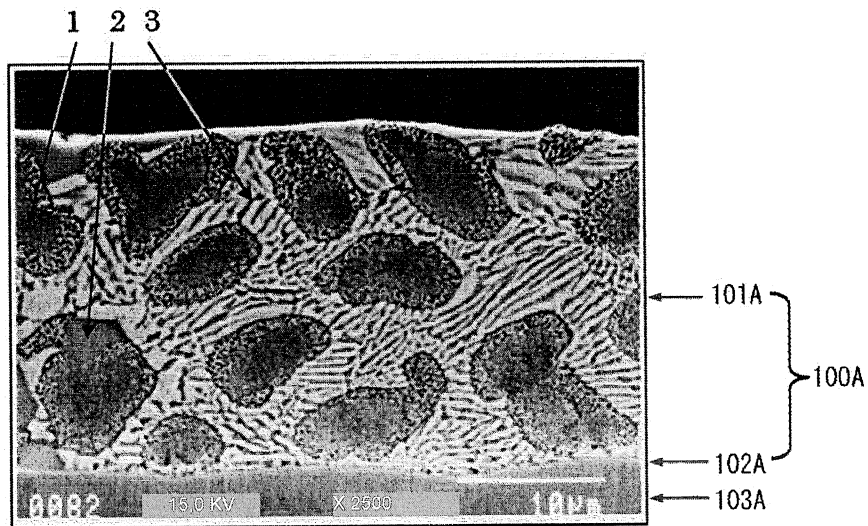
6. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Al_2CaB_5 và các pha hợp chất được dẫn ra từ pha Al_2CaB_5 với sự thay thế của một vài nguyên tử bởi Zn và Mg, và trong đó pha hợp chất liên kim loại Ca-Al-B chứa B ở nồng độ không ít hơn 40% theo nguyên tử.

7. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó tổng hàm lượng của các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D trong khoảng từ 0,05% đến 20% theo khối lượng trong trường hợp trong đó lớp mạ chứa các nguyên tố được lựa chọn từ nhóm nguyên tố D; và

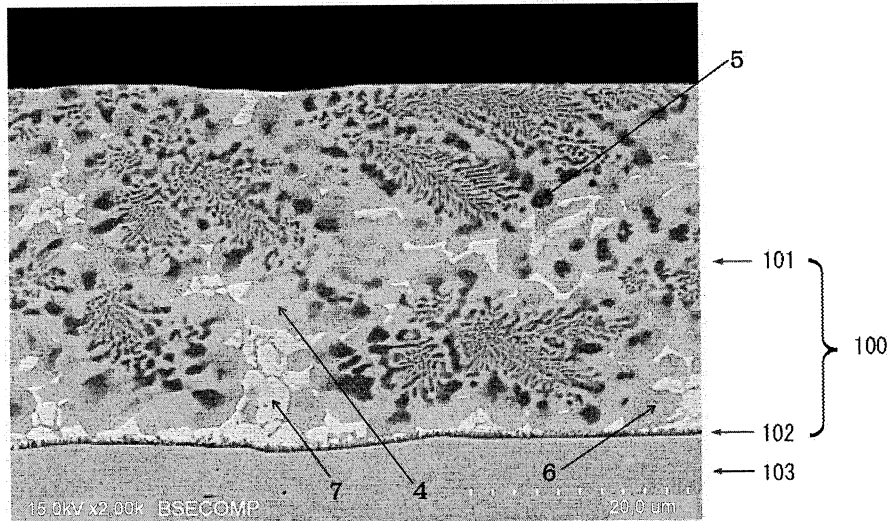
lớp hợp kim Zn-Al-Mg chứa ít nhất một pha hợp chất liên kim loại được lựa chọn từ nhóm gồm có pha Mg_2Sn , pha Mg_3Bi_2 , và pha Mg_3In .

8. Sản phẩm thép mạ kim loại theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó lớp mạ chứa lớp hợp kim Al-Fe giữa sản phẩm thép và lớp hợp kim Zn-Al-Mg.

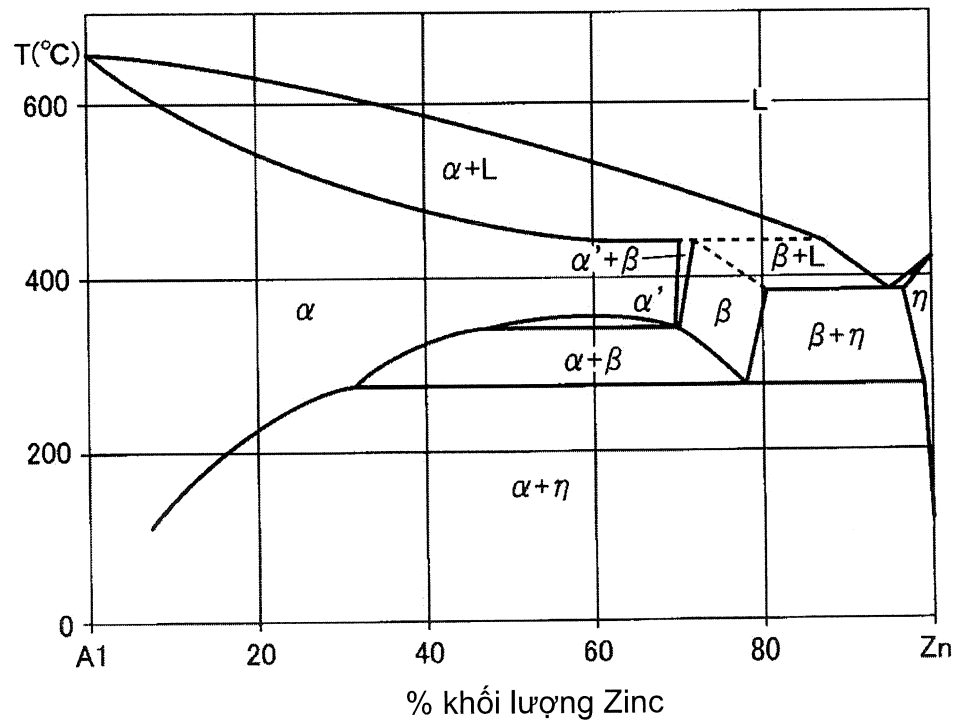
[Fig. 1]



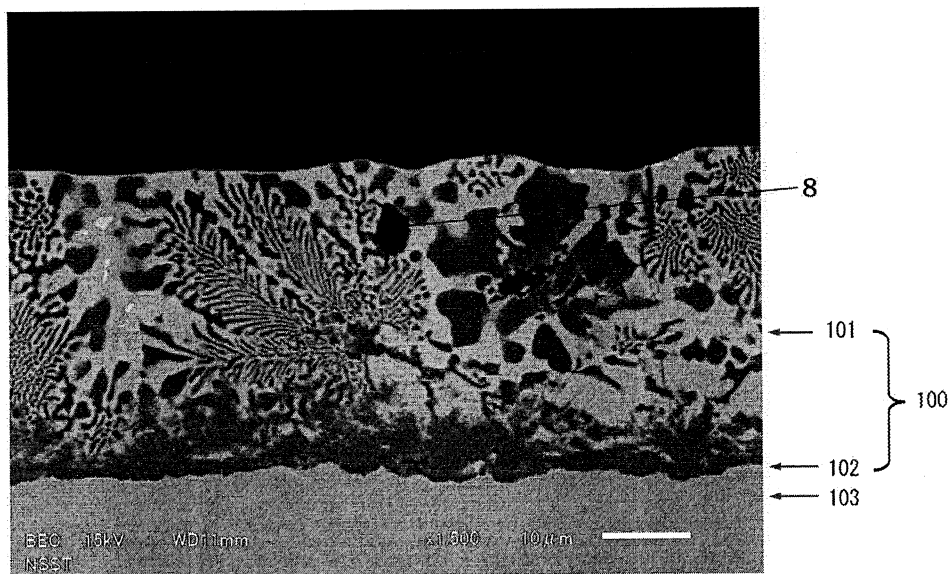
[Fig. 2]



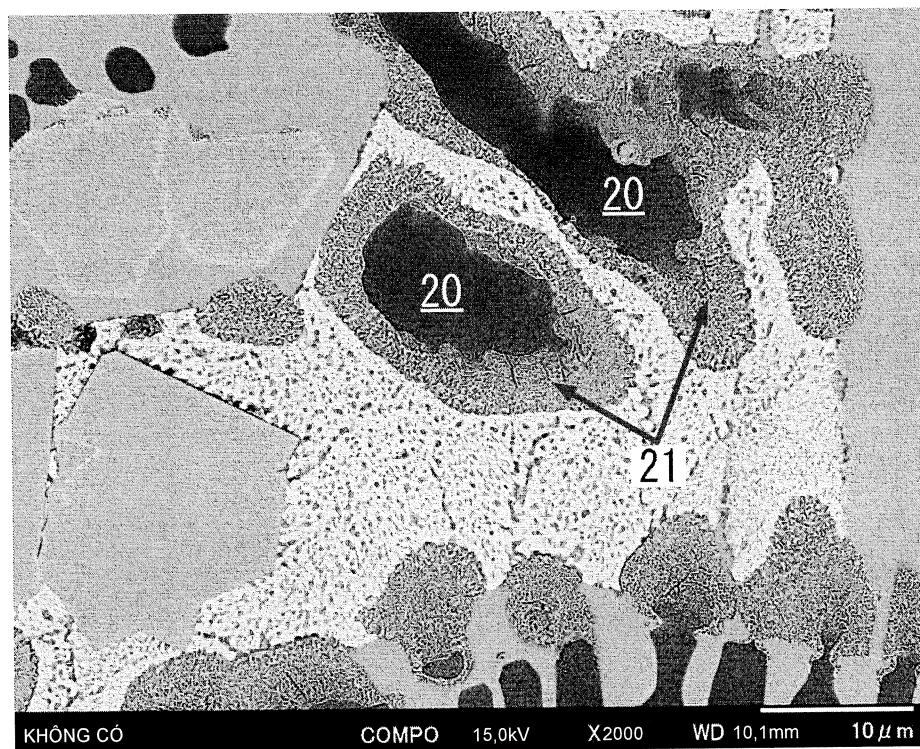
[Fig. 3]



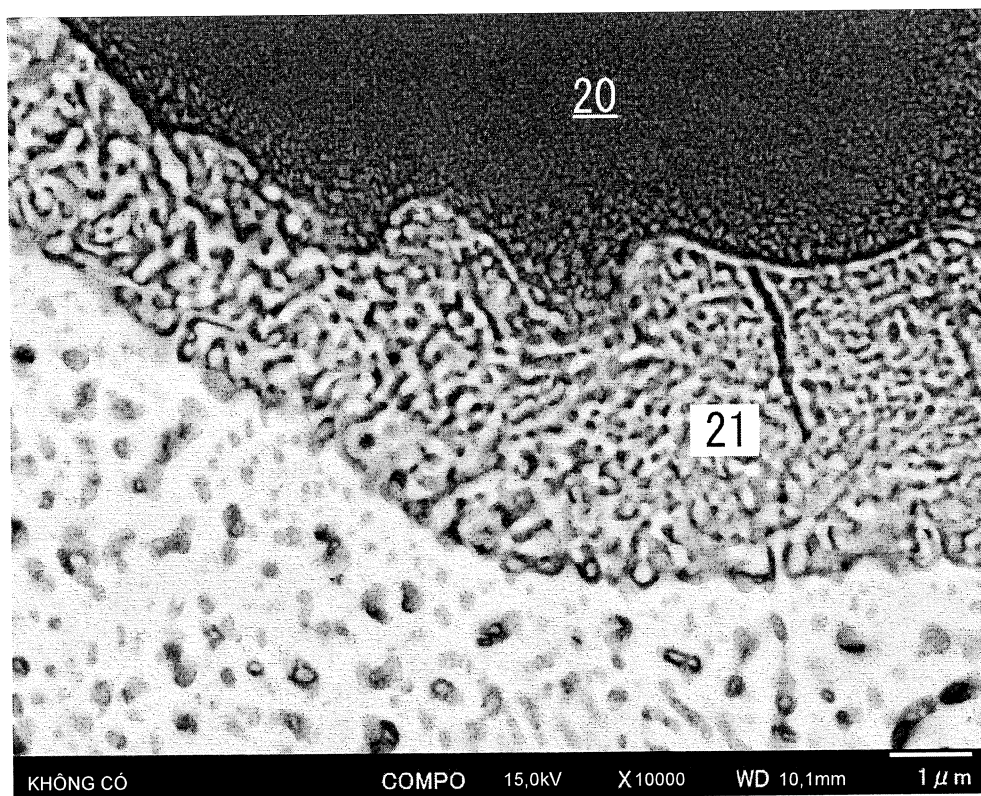
[Fig. 4]



[Fig. 5]



[Fig. 6]



[Fig. 7]

