



(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) 
1-0021068

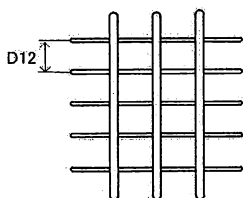
(51)⁷ C23C 2/06, 2/26, C22C 18/04, C21D 9/46 (13) B

(21) 1-2017-03916 (22) 08.04.2015
(86) PCT/JP2015/061020 08.04.2015 (87) WO2016/162982A1 13.10.2016
(45) 25.06.2019 375 (43) 25.01.2018 358
(73) NIPPON STEEL & SUMITOMO METAL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
(72) HASHIMOTO, Shigeru (JP), NAKAZAWA, Makoto (JP)
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

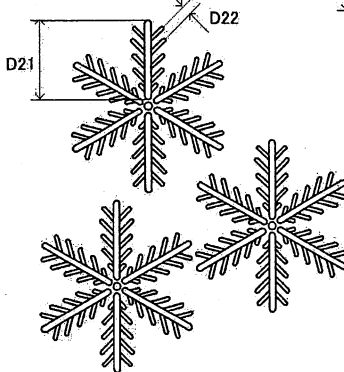
(54) TẤM THÉP ĐƯỢC MẠ Zn-AL-MG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP ĐƯỢC MẠ Zn-AL-MG NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép được mạ Zn-Al-Mg và phương pháp sản xuất tấm thép này. Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg có lớp mạ bao gồm: Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng, và Zn và các tạp chất là thành phần còn lại, trong đó, cấu trúc của lớp mạ chứa tinh thể Al sơ cấp, tinh thể Al sơ cấp bao gồm: tinh thể Al sơ cấp thứ nhất dạng nhánh xấp với tỷ lệ diện tích từ 30 đến 70% và khoảng cách trực thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ với độ dài trục chính từ 5 đến 10 μ m và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa với độ dài trục chính từ 0,5 đến 3,0 μ m, trong đó tổng tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa là từ 30 đến 70%; và cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg₂Zn₁₁ ở dạng cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

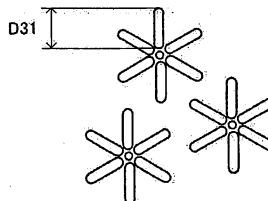
Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xấp



Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đẳng trục nhỏ



Tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép được mạ Zn-Al-Mg và phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Đối với các thiết bị điện gia dụng và vật liệu xây dựng, tấm thép mạ nhúng nóng với thành phần lớp mạ chứa Zn, Al và Mg làm các thành phần chính, mà nếu cần, nguyên tố bổ sung như Si được bổ sung vào, đã được đề xuất và sử dụng một cách rộng rãi. Lớp mạ như vậy có độ bền chống ăn mòn cao hơn so với lớp mạ Zn hoặc lớp mạ Al do nguyên tố hợp kim.

Trong những năm gần đây, các cải tiến, như kiểm soát cỡ hạt nhờ làm tối ưu hóa hỗn hợp thành phần bể dung dịch mạ, kiểm soát cỡ hạt nhờ phương pháp làm mát, v.v., kiểm soát dạng tồn tại thông qua các bước tiền xử lý khác nhau để mạ và hợp lý hóa pha bằng cách điều chỉnh phương pháp làm mát, đã được bổ sung để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn hoặc hình thức bên ngoài thích hợp.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 dưới đây bộc lộ giải pháp liên quan đến vật liệu thép được mạ nhúng nóng Zn-Al-Mg, mà trong lớp mạ này, một hoặc hai pha đơn trong số $MgZn_2$, hoặc Mg_2Zn_{11} được kết tủa với cỡ hạt là $0,5\mu m$ hoặc lớn hơn và có độ bền chống ăn mòn tốt hơn ở phần gia công không được sơn và mép được sơn.

Tài liệu này đã chỉ ra rõ ràng rằng, dạng tồn tại của Mg có độ bền chống ăn mòn tốt hơn. Cụ thể là, tài liệu này đã chứng minh rằng để làm cải thiện độ bền chống ăn mòn, tốt hơn là Mg nên có mặt một cách độc lập trong lớp mạ tạo ra pha đơn của $MgZn_2$ hoặc Mg_2Zn_{11} có cỡ hạt $0,5\mu m$ hoặc lớn hơn, chứ không

phải được phân bố mịn trong eutectic bậc ba ở dạng hợp chất liên kim loại.

Tài liệu sáng chế 2 dưới đây bộc lộ giải pháp liên quan đến tấm thép được mạ kẽm nhúng nóng, mà trong lớp mạ này, một hoặc hai trong số các pha: Al, Zn, $MgZn_2$, hoặc Mg_2Zn_{11} ở dạng hạt tinh thể có cỡ hạt là $0,3\mu m$ hoặc nhỏ hơn được phân tán và có độ bền chống ăn mòn tốt hơn sau khi gia công.

Tài liệu này cho rằng, vết nứt khi gia công có thể được làm giảm và độ bền chống ăn mòn sau khi gia công có thể tốt hơn do cấu trúc, mà trong đó các tinh thể của pha và hợp chất có đường kính hạt trung bình bằng $0,3\mu m$ hoặc nhỏ hơn được phân tán một cách ngẫu nhiên được tạo ra do điều kiện làm mát với tốc độ làm mát từ 40 đến $100^\circ C/giây$.

Tài liệu sáng chế 3 dưới đây bộc lộ giải pháp liên quan đến tấm thép được mạ Zn-Al-Mg có lớp mạ trên ít nhất một mặt của tấm thép, trong đó hợp chất Mg-Zn có mặt trong lớp mạ không tồn tại ở dạng thể kết tụ và phát triển từ vùng xung quanh của bề mặt phân cách giữa lớp mạ và nền thép về phía lớp bề mặt của lớp mạ ở dạng trụ để tồn tại ở dạng trụ tiếp xúc với bề mặt của lớp mạ sao cho diện tích tiếp xúc chiếm từ 15 đến 60% bề mặt của lớp mạ.

Tài liệu này cho rằng, nhờ phát triển hợp chất Mg-Zn ở dạng trụ bằng cách tiến hành mạ Ni, v.v. làm bước tiền xử lý, để hòa tan hợp chất Mg-Zn một cách từ từ với tốc độ không đổi từ giai đoạn đầu của quá trình ăn mòn đến khi loại bỏ hoàn toàn lớp mạ, lượng Mg thích hợp tham gia vào việc bảo vệ ăn mòn có thể được cấp cho bề mặt mạ. Tác dụng này đã được khẳng định bởi độ bền chống ăn mòn ổn định trong môi trường tuần hoàn ẩm-khô.

Tài liệu sáng chế 4 dưới đây bộc lộ giải pháp liên quan đến công nghệ, mà nhờ đó nước hoặc dung dịch chứa nước được phun ở dạng giọt lên toàn bộ bề mặt của lớp mạ không được hóa rắn từ thời điểm bắt đầu hóa rắn lớp mạ Zn-Al-Mg đến khi kết thúc quá trình hóa rắn để làm cải thiện tình trạng mặt

ngoài không đồng đều do sự kết tinh lẫn nhau của pha MgZn_2 và pha $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ trong quá trình hóa rắn.

Tài liệu này cho rằng, mặt ngoài đồng đều đạt được do sự có mặt của cấu trúc kim loại của tinh thể Al sơ cấp hoặc hỗn hợp của tinh thể Al sơ cấp và pha đơn Zn trong nền cấu trúc eutectic bậc ba Al/Zn/ $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ do làm mát bằng cách phun.

Tài liệu sáng chế 5 dưới đây bộc lộ tấm thép mạ nhúng nóng có bề mặt ngoài tốt, khác biệt ở chỗ 60% hoặc lớn hơn các tinh thể với cấu trúc eutectic bậc ba của hợp kim Al/Zn/MgZn trong lớp mạ trên mỗi đơn vị diện tích có đường kính tròn tương đương bằng $100\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn.

Tài liệu này cho rằng, bề mặt lỗi có thể được ngăn ngừa bằng cách ức chế sự tạo thành pha $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ nhờ kiểm soát điều kiện làm mát để giảm thiểu các phần được làm mát quá mức.

Ngoài ra, các giải pháp khác nhau về cấu trúc của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg cũng đã được bộc lộ bởi các tài liệu sáng chế từ 6 đến 12 dưới đây.

Tài liệu sáng chế 1: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2001-20050

Tài liệu sáng chế 2: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2003-147500

Tài liệu sáng chế 3: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2010-100897

Tài liệu sáng chế 4: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H10-265926

Tài liệu sáng chế 5: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2006-283155

Tài liệu sáng chế 6: công bố đơn quốc tế số WO 2007/108496

Tài liệu sáng chế 7: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2004-68075

Tài liệu sáng chế 8: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H10-265926

Tài liệu sáng chế 9: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H10-226865

Tài liệu sáng chế 10: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-047549

Tài liệu sáng chế 11: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-047548

Tài liệu sáng chế 12: công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2002-030405

Tuy nhiên, các giải pháp đã biết có các vấn đề dưới đây.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2 đã xác định các yêu cầu về cỡ hạt của sản phẩm. Tài liệu sáng chế 1 đề cập trong phần mô tả rằng độ bền chống ăn mòn được cải thiện đáng kể nhờ tác dụng làm ổn định đối với sản phẩm ăn mòn bằng kẽm bởi nồng độ Mg cao được thiết lập nhờ sự tồn tại của MgZn_2 hoặc $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ có cỡ hạt bằng $0,5\mu\text{m}$ hoặc lớn hơn ở dạng "pha đơn" nhờ xác định được khoảng thành phần lớp mạ và tốc độ làm mát chậm sẽ tốt hơn. Trong khi đó, tài liệu sáng chế 2 mô tả rằng vết nứt do gia công không xuất hiện và độ bền chống ăn mòn sau khi gia công có thể cao hơn nhờ tốc độ làm mát là $40^\circ\text{C}/\text{giây}$ hoặc cao hơn trong khoảng điểm hóa rắn $\pm 20^\circ\text{C}$ để phân tán toàn bộ các pha Al, Zn, MgZn_2 và $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$ trong lớp mạ với cỡ hạt là $0,3\mu\text{m}$ hoặc nhỏ hơn, tuy nhiên sự cải thiện hơn nữa về độ bền chống ăn mòn là được ưu tiên hơn.

Trong tài liệu sáng chế 1 và tài liệu sáng chế 2, khoảng thiết kế của cỡ hạt là khác nhau đáng kể và không có phần chung liên quan đến các điều kiện sản xuất. Theo tài liệu sáng chế 1, hợp kim Mg-Zn chứa Mg với chức năng chống ăn mòn mạnh ở nồng độ cao được tạo ra một cách tích cực và được phát triển sao cho chức năng chống ăn mòn tự nó được tăng cường. Trong khi đó, theo tài liệu sáng chế 2, phương pháp ngăn ngừa sự suy giảm mạnh về độ bền chống ăn mòn bằng cách ngăn ngừa sự nứt gãy vật lý, v.v. trong khi gia công trên lớp mạ bằng cách tránh sự tồn tại đồng thời của các hạt có hình dạng hoặc độ cứng khác nhau được mô tả.

Do đó, các ưu điểm tương ứng này lại trở thành vấn đề theo quan điểm khác. Cụ thể là, theo tài liệu sáng chế 1, khi cấu trúc của pha đơn được phát triển, sự khác biệt về các đặc tính vật lý với pha còn lại trở nên lớn và, do đó, phát sinh vấn đề là có thể dễ dàng xuất hiện các vết nứt khi gia công. Tức là, rất khó sử dụng vật liệu này cho sản phẩm gia công bao gồm thiết bị điện gia dụng như tủ lạnh, điều hòa không khí và thiết bị phát hình chẳng hạn và vật liệu xây dựng như giá đỡ cho thiết bị ngoài trời, vách ngoài tòa nhà và giá đỡ cáp chẳng hạn. Trong khi đó, vấn đề của tài liệu sáng chế 2 là độ bền chống ăn mòn trung bình lại bị bỏ qua.

Tài liệu sáng chế 3 mô tả ví dụ về kiểm soát sự thay đổi dạng tồn tại của hợp chất do sự khác biệt trong bước tiền xử lý bằng cách mạ. Để tạo ra thành phần cấu trúc rất đặc biệt, trong đó tinh thể dạng trụ của pha Zn-Mg được phát triển từ bề mặt tiếp giáp nền thép-lớp mạ theo chiều thẳng đứng (hướng về phía bề mặt) để đạt tới bề mặt (thông thường tinh thể phát triển theo chiều ngang), cần thiết là lớp mạ Ni được tạo ra bằng cách mạ điện trên bề mặt của tấm thép ở bước tiền xử lý, tấm thép được trải qua bước xử lý nhúng trong dung dịch nước axit, sau đó được gia nhiệt ở nhiệt độ không tạo hợp kim với nền thép (500°C

hoặc thấp hơn) trong môi trường khử hoặc không oxy hóa và sau đó tiến hành mạ. Trong dây chuyền mạ thông thường, có lò ủ (nhiệt độ lớn nhất xấp xỉ 800°C) để chuẩn bị vật liệu ở giai đoạn đầu của quy trình và do đó điều kiện đặc biệt trên đây không thể thực hiện được ở dây chuyền này. Về độ bền chống ăn mòn, sự tổn hao trọng lượng do ăn mòn (thử nghiệm JASO) tương đương như sáng chế này là được bộc lộ. Do giá thành thiết bị và chi phí vận hành để mạ Ni ở bước tiền xử lý là cao, nên khó áp dụng việc mạ Ni cho các ứng dụng không đắt tiền như thiết bị điện gia dụng và vật liệu xây dựng.

Ngoài ra, theo tài liệu sáng chế 3, tinh thể dạng trụ được tạo ra sau khi mạ Ni. Được mô tả là nếu lớp mạ Ni nhỏ hơn lượng định trước, thì tinh thể dạng trụ không được tạo ra và độ bền chống ăn mòn trở nên kém hơn. Nếu không có lớp mạ Ni, có thể cho rằng độ bền chống ăn mòn tương đương với tài liệu sáng chế 1.

Tài liệu sáng chế 4 và tài liệu sáng chế 5 mô tả ví dụ về phương pháp mà nhờ nó đặc tính bề mặt được cải thiện bằng cách tối ưu hóa pha nhờ kiểm soát phương pháp làm mát. So với phương pháp mà tài liệu sáng chế 4 mô tả là chỉ Mg_2Zn_{11} được tạo ra dưới dạng hợp kim MgZn trong hợp kim Al/Zn/MgZn (eutectic bậc ba) bằng cách tôi với việc phun nước hoặc dung dịch nước. Về phương pháp phun chất lỏng thông thường bao gồm cả cho quy trình mạ, có vòi phun khí - lỏng, mà nhờ đó chất lỏng được phun trong dòng phun khí và vòi phun chất lỏng, mà nhờ đó chất lỏng được nén để được thổi ở dạng sương mù. Trong cả hai trường hợp, lượng lớn các vòi phun được sử dụng, sao cho lượng lớn các giọt được phân tán trong khu vực có tiết diện ô van (bao gồm cả tròn) đối với mỗi vòi phun và chạm với tấm thép nhằm gây ra sự trao đổi nhiệt và làm mát tấm thép. Đã biết rằng có sự phân bố mật độ nước trong khu vực phun hình ô van và có sự khác nhau về mật độ nước giữa vùng vòi phun và vùng giữa vòi

phun. Do đó, ngay cả nếu tính đồng nhất trong khoảng rộng 1µm được đảm bảo, thì vẫn khó đảm bảo được điều kiện làm mát giống nhau trong khoảng từ 0,5 đến 2m, mà là độ rộng thông thường của tấm trong quy trình mạ. Hơn nữa, do nguy cơ tắc vòi phun, v.v. nên thiết bị sẽ phải chịu tải duy trì cao. Trong một số trường hợp, chất lỏng, hoặc chất khí + chất lỏng được phun bằng cách sử dụng áp suất cao để khắc phục tính không đồng đều này. Trong trường hợp này, nếu áp suất là cao hơn áp suất để làm khô, mà xác định trọng lượng lớp phủ, thì tính không đồng đều về hình dạng có thể trở thành vấn đề cần khắc phục.

Mặc dù theo tài liệu sáng chế 4, hợp kim Mg-Zn (Mg_2Zn_{11}) được tạo ra ở dạng eutectic bậc ba tương tự với sáng chế này, nhưng sự cải thiện về vẻ bên ngoài đạt được nhờ làm mát bằng cách phun nước hoặc dung dịch nước như là cách thức để làm cải thiện vẻ bên ngoài. Tuy nhiên, không có phần mô tả nào liên quan đến độ bền chống ăn mòn, do tốc độ làm mát là thấp (trong các ví dụ, tốc độ làm mát lớn nhất là 20°C/giây), nên tốc độ này được cho là ở mức của quy trình mạ Mg-Zn-Al thông thường.

Trong khi đó, tài liệu sáng chế 5 tập trung vào sự ức chế Mg_2Zn_{11} cần được tạo ra bằng cách làm mát ở mức cao nhờ thực hiện bước làm mát thứ hai theo cách ngược lại, ở tốc độ thấp và do đó vết nứt khi gia công có thể xảy ra do sự khác nhau về các đặc tính vật lý trong số các pha tương tự với trường hợp của tài liệu sáng chế 1 và do đó độ bền chống ăn mòn có khả năng cao là bị giảm. Tuy nhiên, không có phần mô tả về độ bền chống ăn mòn, do tốc độ làm mát là thấp hơn nữa, nên tốc độ này được cho là ở mức của quy trình mạ Mg-Zn-Al thông thường.

Mặc dù trong các tài liệu sáng chế từ 6 đến 12, độ bền chống ăn mòn của lớp mạ Zn-Al-Mg cũng được đánh giá, nhưng trong hoàn cảnh hiện tại cần sự cải thiện hơn nữa.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đã được tạo ra khi xem xét các vấn đề được đề cập trên đây. Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, mà sử dụng thành phần thông thường, nhưng được cấu thành bởi cấu trúc tinh thể mịn, mà có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có khả năng xử lý tốt hơn, so với các sản phẩm thông thường đã được nêu trong các tài liệu sáng chế 1 và 2 và từ 4 đến 12 và độ bền chống ăn mòn có thể được duy trì ổn định, cũng như phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg. Mục đích khác của sáng chế là đề xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, mà có thể đạt được độ bền chống ăn mòn tương đương với độ bền chống ăn mòn thu được nhờ kết cấu thiết bị và bước tiền xử lý đặc biệt theo tài liệu sáng chế 3 nêu trên, nhờ kết cấu dây chuyền thông thường và độ bền chống ăn mòn có thể được duy trì ổn định, cũng như phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg.

Giải quyết vấn đề của sáng chế

Các tác giả sáng chế đã đánh giá mối liên quan giữa điều kiện sản xuất cho lớp mạ, cấu trúc được hóa cứng và sản phẩm và độ bền chống ăn mòn để phát hiện ra tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, mà có độ bền chống ăn mòn cao hơn được cải thiện so với độ bền chống ăn mòn thông thường và độ bền chống ăn mòn này có thể được duy trì một cách ổn định, cũng như phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg.

Sáng chế đã được hoàn thành dựa trên các phát hiện trên đây và các dấu hiệu cơ bản của sáng chế là như sau.

(1) Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, bao gồm lớp mạ chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính

theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng và Zn và các tạp chất làm thành phần còn lại,

trong đó, cấu trúc của lớp mạ bao gồm:

tinh thể Al sơ cấp, tinh thể Al sơ cấp này bao gồm: tinh thể Al sơ cấp thứ nhất dạng nhánh xấp với tỷ lệ diện tích từ 30 đến 70% và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ với độ dài trục chính từ 5 đến 10 μ m và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa với độ dài trục chính từ 0,5 đến 3,0 μ m, trong đó tổng tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa là từ 30 đến 70%; và

cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg_2Zn_{11} ở dạng cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

(2) Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo (1) trên đây, trong đó lớp mạ còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ: Ti, Nb, Fe, Ni, Cr, Sn, Mn và B, ở dạng riêng biệt hoặc kết hợp với tổng lượng từ 0,0001 đến 1,0000% khối lượng.

(3) Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo mục (1) hoặc mục (2) trên đây, trong đó cấu trúc của lớp mạ không bao gồm Mg_2Si .

(4) Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, phương pháp này bao gồm các bước:

mạ trên ít nhất một mặt của tấm thép, kẽm nóng chảy chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng và Zn và các tạp chất làm thành phần còn lại, và

gia nhiệt tấm thép đã được mạ kẽm nóng chảy đến nhiệt độ từ nhiệt độ cao

hơn 30°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp đến 520°C và sau đó làm mát từ nhiệt độ này xuống đến nhiệt độ 370°C với tốc độ làm mát là 500°C/giây hoặc lớn hơn và đảm bảo tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát là từ 1000 đến 3000W/(m²·K).

(5) Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo mục (4) trên đây, trong đó bước làm mát được thực hiện bằng cách làm mát bằng nhúng trong nước.

Hiệu quả của sáng chế

Sáng chế có thể tạo ra tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, mà có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn cũng như phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg. Khi tấm thép được mạ theo sáng chế được sử dụng làm các thiết bị điện gia dụng và vật liệu xây dựng, các sản phẩm với độ bền trong thời gian sử dụng lâu dài có thể thu được.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình chiếu bằng dạng sơ lược thể hiện các hình dạng của tinh thể Al sơ cấp trong lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế.

Fig.2 là các vi ảnh SEM của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế được quan sát từ bề mặt.

Fig.3 là vi ảnh SEM quan sát mặt cắt của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế.

Fig.4 là các vi ảnh SEM của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo ví dụ so sánh được quan sát từ bề mặt.

Fig.5A là đồ thị thể hiện cường độ của phổ nhiễu xạ tia X của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế (tấm thép được mạ được tạo ra theo ví dụ)

Fig.5B là đồ thị thể hiện cường độ của phổ nhiễu xạ tia X của lớp mạ của

tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo ví dụ so sánh (tấm thép được mạ (10) được tạo ra theo ví dụ)

Fig.6 là các hình vẽ thể hiện các kết quả phân tích về sự phân bố thành phần nguyên tố tại mặt cắt của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo ví dụ so sánh.

Fig.7 là các hình vẽ thể hiện các kết quả phân tích về sự phân bố thành phần nguyên tố tại bề mặt của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế.

Fig.8 là các hình vẽ thể hiện các kết quả phân tích về sự phân bố thành phần nguyên tố tại bề mặt của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo ví dụ so sánh.

Fig.9A là hình chiếu phối cảnh dạng sơ lược thể hiện hình dạng của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp.

Fig.9B là ảnh quan sát tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp (Trích dẫn: ảnh chụp bởi T. Bower trong tài liệu: "B. Chalmers, Principles of Solidification (1964)", p. 165).

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết dưới đây.

Các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu về tấm thép được mạ Zn-Al-Mg có tính đến các nguyên tố thành phần của lớp mạ, phương pháp làm mát, v.v. từ quan điểm cải thiện về tính đồng đều của cấu trúc được hóa cứng. Kết quả là, đã phát hiện ra rằng điều quan trọng là tạo ra cấu trúc của lớp mạ có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn bằng cách thỏa mãn: 1) có các tinh thể Al sơ cấp nhỏ có các hình dạng khác nhau chưa biết cho đến nay của cấu trúc được hóa cứng với hàm lượng nhất định hoặc cao hơn và 2) cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp được cấu thành có

cấu trúc eutectic bậc ba định trước. Dựa trên phân tích trên đây, tấm thép được mạ theo sáng chế, mà có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn, đã được hoàn thành.

Các nguyên tố thành phần của lớp mạ Zn-Al-Mg

Đầu tiên, các nguyên tố thành phần của lớp mạ Zn-Al-Mg là đối tượng của sáng chế sẽ được mô tả.

Lớp mạ trên cơ sở Zn và độ bền chống ăn mòn của nó được tăng cường bằng cách bổ sung Al và Mg. Hơn nữa, lớp mạ được cải thiện về khả năng bám dính giữa lớp mạ và tấm thép nhờ bổ sung Si.

Cụ thể, lớp mạ chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng và Zn và các tạp chất làm thành phần còn lại. Về điều này, tốt hơn là lớp mạ là lớp mạ chứa Al, Mg và Si với hàm lượng trên đây và thành phần còn lại là Zn và các tạp chất.

Hàm lượng Al là nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng. Nếu hàm lượng Al nhỏ hơn 4% khối lượng, hiệu quả cải thiện về độ bền chống ăn mòn là không đủ. Nếu hàm lượng Al lớn hơn 22% khối lượng, hiệu quả bảo vệ ăn mòn thay thế của Zn bị suy giảm và độ bền chống ăn mòn ở phần gia công và mép bị giảm. Từ quan điểm này, tốt hơn là, hàm lượng của Al nằm trong khoảng từ 5 đến 15% khối lượng.

Hàm lượng Mg là nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng. Nếu hàm lượng Mg nhỏ hơn 1,0% khối lượng, hiệu quả cải thiện về độ bền chống ăn mòn là không đủ. Nếu hàm lượng Mg lớn hơn 6,5% khối lượng, lượng oxit Mg tạo ra trong bể dung dịch mạ trở nên quá nhiều và bề mặt ngoài của lớp mạ trở nên xấu đi. Từ quan điểm này, tốt hơn là hàm lượng của Mg là nằm trong khoảng từ 2

đến 5% khối lượng.

Hàm lượng Mg bằng $1/2$ hàm lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng. Tức là, tỷ lệ giữa hàm lượng Mg với hàm lượng Al (hàm lượng Mg / hàm lượng Al) bằng $1/2$ hoặc nhỏ hơn. Nếu hàm lượng Mg lớn hơn $1/2$ hàm lượng Al, sự tạo thành tinh thể Al sơ cấp trở nên khó khăn hoặc bị dừng ở trạng thái cân bằng và sự tạo thành cấu trúc với tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp, tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đẳng trục nhỏ, tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa và tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác, mà cho phép đạt được hợp phần Mg đồng đều nhờ cấu tạo tinh thể nhỏ, trở nên khó khăn hoặc bị dừng. Hơn nữa, Mg_2Si được tạo ra để cấu thành cấu trúc không đồng nhất. Từ quan điểm này, tốt hơn là, hàm lượng Mg là bằng $1/3$ hàm lượng Al hoặc nhỏ hơn tính theo % khối lượng.

Hàm lượng Si là nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng. Nếu hàm lượng Si nhỏ hơn 0,001% khối lượng, thì lớp hợp kim Fe-Al phát triển quá mức ở bề mặt phân cách giữa lớp mạ và tấm thép và sự bám dính giữa lớp mạ và tấm thép trở nên không đủ. Nếu hàm lượng Si lớn hơn 1,000% khối lượng, thì hiệu quả ức chế sự tạo thành lớp hợp kim Fe-Al bị bão hòa và ngoài ra, khả năng gia công của tấm thép được mạ có thể bị giảm. Từ quan điểm này, tốt hơn là hàm lượng Si là nằm trong khoảng từ 0,100 đến 0,500% khối lượng.

Đối với Si, tùy thuộc vào Mg_2Si hỗn hợp có thể kết tủa theo cách ưu tiên ở trạng thái cân bằng, tuy nhiên trong phạm vi của sáng chế, Si có mặt trong lớp mạ ở trạng thái dung dịch rắn hoặc thể kết tủa mịn trong tinh thể Al sơ cấp, hoặc cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

Các tạp chất là thành phần, mà có mặt trong chính tấm thép đó, hoặc bị lẫn vào tấm thép ở bước trước khi mạ và phân tán vào lớp mạ sau khi mạ, hoặc thành phần, mà có mặt trong bể dung dịch mạ và lưu lại trong lớp mạ trong suốt quá trình mạ, với điều kiện thành phần được bổ sung vào lớp mạ một cách chủ

động được loại trừ. Cụ thể, các ví dụ về tạp chất bao gồm: Pb, Sb, Co, Cu, In, Bi, Be, Zr, Ca, Sr, Y, Ce và Hf. Tốt hơn là, hàm lượng của các tạp chất là bằng 0,0010% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Lớp mạ Zn-Al-Mg có thể còn chứa một hoặc nhiều nguyên tố chọn lọc ở dạng riêng biệt hoặc kết hợp với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,0000% khối lượng. Cụ thể, lớp mạ có thể chứa một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ: Ti, Nb, Fe, Ni, Cr, Sn, Mn, hoặc B ở dạng riêng biệt hoặc kết hợp với tổng lượng nằm trong khoảng từ 0,0001 đến 1,0000% khối lượng.

Trong số các nguyên tố chọn lọc này, tốt hơn là Fe có mặt trong lớp mạ gần như với lượng phân ly bão hòa từ quan điểm làm ổn định sớm hỗn hợp thành phần gần bề mặt phân cách giữa lớp mạ và tấm thép, vì Fe phân ly ra khỏi tấm thép di chuyển về phía lớp mạ trong khi nhúng trong bể dung dịch mạ và quá trình phân tán tiếp tục cho đến nhiệt độ nhất định thậm chí trong suốt cả quá trình làm mát.

Mặc dù hàm lượng các nguyên tố chọn lọc không phải Fe là nhỏ hơn hàm lượng Fe, nhưng chúng là các thành phần có mặt trong tấm thép sao cho loại và hàm lượng của chúng được định trước đối với mỗi loại thép và được ưu tiên cho mục đích làm ổn định sớm hỗn hợp thành phần như trong trường hợp của Fe. Mặc dù sự ảnh hưởng của các nguyên tố chọn lọc đến sự tạo thành cấu trúc dạng nhánh, v.v. của tinh thể Al sơ cấp là bị giới hạn, nhưng khi lượng này là lớn thì chúng có thể ức chế sự khuếch tán Al hoặc Mg. Do đó, tốt hơn là hàm lượng của các nguyên tố là nằm trong khoảng từ 0,0005 đến 0,2000% khối lượng.

Các nguyên tố chọn lọc có mặt trong lớp mạ ở trạng thái dung dịch rắn, hoặc thể kết tủa mịn trong tinh thể Al sơ cấp hoặc cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

Về điều này, hàm lượng của các nguyên tố chọn lọc là tổng lượng của các

nguyên tố chọn lọc có mặt trong lớp mạ. Ngoài ra, "lớp mạ chứa các nguyên tố chọn lọc ở dạng kết hợp" có nghĩa là các nguyên tố chọn lọc có mặt trong lớp mạ ở dạng hợp chất bao gồm hai hoặc nhiều nguyên tố chọn lọc.

Lượng phủ của lớp mạ bao gồm các nguyên tố thành phần này có thể được chọn một cách thích hợp tương ứng với ứng dụng cuối cùng của tấm thép và thông thường là, ví dụ, từ 30 đến 150 g/m² đối với mỗi mặt.

Cấu trúc của lớp mạ Zn-Al-Mg

Tiếp theo, cấu trúc của lớp mạ Zn-Al-Mg là đối tượng của sáng chế ("lớp mạ theo sáng chế") sẽ được mô tả.

Cấu trúc của lớp mạ theo sáng chế bao gồm tinh thể Al sơ cấp và cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp. Tinh thể Al sơ cấp là tinh thể Al sơ cấp chứa Mg, Si và Zn ngoài Al.

Tinh thể Al sơ cấp sẽ được mô tả.

Trong cấu trúc của lớp mạ theo sáng chế, tinh thể Al sơ cấp bao gồm: tinh thể Al sơ cấp thứ nhất dạng nhánh xốp với tỷ lệ diện tích từ 30 đến 70% và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0μm (sau đây còn được gọi là "tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp"); tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ với độ dài trục chính từ 5 đến 10μm và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0μm (sau đây còn được gọi là "tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ"); và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa với độ dài trục chính từ 0,5 đến 3,0μm (sau đây còn được gọi là "tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa"). Trong đó tổng tỷ lệ diện tích tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa là từ 30 đến 70%. Về điều này, tỷ lệ diện tích của mỗi tinh thể Al sơ cấp là tỷ số thể tích của toàn bộ các tinh thể Al sơ cấp.

Tinh thể Al sơ cấp theo sáng chế bao gồm tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ, tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa và tinh

thể Al sơ cấp có hình dạng khác như dạng khối, không thuộc vào ba loại tinh thể Al sơ cấp trên đây, là tinh thể có hình dạng không tồn tại trong lớp mạ thông thường. Khi tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác, như tinh thể Al sơ cấp thông thường với cấu trúc đẳng trục và tinh thể dạng khối chẳng hạn, thì tốt hơn là tỷ lệ diện tích của sơ cấp có hình dạng tinh thể sơ cấp có hình dạng khác là nhỏ hơn 40%.

Tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác bao gồm tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc dạng trụ đã biết hiện nay mà không thỏa mãn phạm vi nêu trên đối với khoảng cách trục thứ hai và tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục mà không thỏa mãn các phạm vi nêu trên về độ dài trục chính và khoảng cách trục thứ hai.

Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xấp có, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.1, cấu trúc có các trục chính phát triển song song và các trục thứ hai cắt ngang các trục chính ở góc bên phải (xem Fig.9A và Fig.9B). Khoảng cách trục thứ hai của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xấp là khoảng cách D12 giữa các trục trung tâm của hai trục thứ hai liền kề.

Tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ có, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.1, cấu trúc có các trục chính phát triển theo hướng kính từ phần trung tâm và các trục thứ hai phát triển phân nhánh từ trục chính. Độ dài trục chính của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ là độ dài D21 từ một đầu của mặt trung tâm đến đầu còn lại. Khoảng cách trục thứ hai của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ là khoảng cách D22 giữa các trục trung tâm của hai trục thứ hai liền kề.

Tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa có, ví dụ, như được thể hiện trên Fig.1, cấu trúc có các trục chính phát triển theo hướng kính từ phần trung tâm. Tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa có thể được xem là ở dạng tinh thể đẳng trục trong đó các trục thứ hai (các nhánh thứ cấp) không được phát triển. Độ dài trục chính của tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa là độ dài D31 từ đầu ở phía trung tâm đến

đầu còn lại.

Fig.1 là hình chiếu bằng dạng sơ lược thể hiện hình dạng của tinh thể Al sơ cấp trong lớp mạ theo sáng chế.

Về điều này, Fig.2 thể hiện ví dụ về các vi ảnh SEM (kính hiển vi quét điện tử) của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế được quan sát từ bề mặt. Fig.2 thể hiện các vi ảnh SEM với độ phóng đại 100 lần và 1000 lần.

Fig.3 thể hiện ví dụ về vi ảnh SEM (kính hiển vi quét điện tử) quan sát mặt cắt ngang của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế. Fig.3 thể hiện vi ảnh SEM với độ phóng đại 1000 lần.

Trong khi đó, Fig.4 thể hiện ví dụ về vi ảnh SEM (kính hiển vi quét điện tử) của lớp mạ của tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo ví dụ so sánh (lớp mạ của ví dụ so sánh) được quan sát từ bề mặt. Fig.4 thể hiện các vi ảnh SEM với độ phóng đại 100 lần và 1000 lần.

Lớp mạ của ví dụ so sánh là lớp mạ trên tấm thép được mạ được tạo ra bằng cách mạ kẽm nóng chảy với cùng thành phần như của sáng chế trên tấm thép sử dụng phương pháp làm mát thông thường như làm mát bằng khí và làm mát bằng không khí-nước.

Như được thể hiện trên Fig.4, lớp mạ của ví dụ so sánh bao gồm tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục có độ dài trục chính từ 50 đến 200 μm và khoảng cách trục thứ hai từ 5 đến 20 μm . Mặt khác, như được thể hiện trên Fig.2 và Fig.3, rõ ràng là lớp mạ theo sáng chế có tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc được hóa rắn mịn bao gồm tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xấp xỉ với kích thước nêu trên, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ với kích thước nêu trên và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa với kích thước nêu trên, ngược lại với tinh thể Al sơ cấp của lớp mạ theo ví dụ so sánh. Tức là, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ với kích thước nêu trên và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa với kích thước nêu trên trong lớp mạ

theo sáng chế là các cấu trúc tinh thể Al sơ cấp nhỏ khác biệt với tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục thô trong lớp mạ của ví dụ so sánh.

Về điều này, trên Fig.2, vùng được bao quanh bởi đường nét liền là vùng có tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp (tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp). Vùng được bao quanh bởi đường nét đứt ngắn nét đứt dài là vùng có tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ. Vùng được bao quanh bởi đường nét đứt ngắn đôi nét đứt dài là vùng có tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa hoặc tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác (dạng khối, v.v.)

Trong lớp mạ Zn-Al-Mg, cấu tạo của tinh thể Al sơ cấp tạo ra chủ yếu bị biến đổi bởi nhiệt độ lúc bắt đầu làm mát và tốc độ làm mát. Mặc dù độ bền chống ăn mòn của lớp mạ Zn-Al-Mg là do tác dụng của Mg, rõ ràng là hình dạng và sự phân bố của tinh thể Al sơ cấp được tạo ra ban đầu có ảnh hưởng đến việc duy trì ổn định đối với độ bền chống ăn mòn. Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng khi tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc được hóa rắn mịn bao gồm ba loại tinh thể Al sơ cấp là tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp với kích thước nêu trên, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ với kích thước nêu trên và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa với kích thước nêu trên ở dạng tinh thể Al sơ cấp với tỷ lệ diện tích định trước, thì độ bền chống ăn mòn có thể cao hơn và độ bền chống ăn mòn (mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn) có thể được duy trì một cách ổn định.

Cụ thể, như được thể hiện trong các ví dụ dưới đây, đã phát hiện ra rằng độ bền chống ăn mòn (mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn) theo sáng chế có thể cao hơn đáng kể so với ví dụ so sánh và sự tổn hao trọng lượng do ăn mòn thể hiện độ bền chống ăn mòn có thể được đảm bảo là 2/3 hoặc nhỏ hơn.

Từ quan điểm cải thiện độ bền chống ăn mòn và sự duy trì ổn định về độ bền chống ăn mòn, trong tinh thể Al sơ cấp, tốt hơn là tỷ lệ diện tích của tinh thể

Al sơ cấp dạng nhánh xộp là từ 40 đến 70% và tốt hơn nữa là từ 50 đến 70%. Từ cùng quan điểm đó, tốt hơn là tỷ lệ diện tích kết hợp của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa là từ 30 đến 60% và tốt hơn nữa là từ 30 đến 40%. Các cấu trúc này có thể được bao gồm một cách đồng thời.

Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xộp có thể được xác định bằng cách quan sát từ phía trên để xem liệu dạng nhánh có phát triển theo hướng 90° hay không (xem Fig.2). Vì trong cùng tiết diện, trục thứ hai (nhánh thứ cấp) của cấu trúc phân nhánh và trục thứ nhất (nhánh sơ cấp) cắt nhau ở góc phải, dạng phân nhánh xộp có thể được xác định (xem Fig.3). Tuy nhiên, phân lệch có thể xuất hiện ở bề mặt và trong trường hợp này nó xuất hiện ở dạng hình thoi.

Hơn nữa, khi tiết diện vuông góc với bề mặt được quan sát, có thể biết được rằng trục thứ hai (nhánh thứ cấp) phát triển vuông góc với trục thứ nhất (nhánh sơ cấp). Mặt khác, có thể biết được từ Fig.4 rằng trong cấu trúc trong cùng tiết diện của tấm thép được mạ thông thường, trục thứ hai (nhánh thứ cấp) không phát triển vuông góc với trục thứ nhất (nhánh sơ cấp).

Do biến đổi về sự phân tách trong số các tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xộp là ít so với biến đổi về phân tách trong số các tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và các tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa, có thể hiểu được rằng độ bền chống ăn mòn được cải thiện hơn nữa, nếu tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xộp có mặt trong khoảng định trước. Trong tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ có trục chính (trục lớn), mà từ đó các trục thứ hai (các nhánh sơ cấp), các trục thứ ba (các nhánh thứ cấp) phát triển. Quan sát từ phía trên, tinh thể không phát triển theo hướng 90° ở dạng xộp và biến đổi về sự phân tách trong số các nhánh cây là lớn. Tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa chỉ có trục chính, nhưng không có trục thứ hai, cũng không có trục thứ ba. Quan sát từ phía trên, tinh thể không phát triển theo hướng 90° ở dạng xộp tương tự như trong trường hợp của tinh thể Al sơ cấp

đẳng trục nhỏ và biến đổi về sự phân tách trong số các nhánh cây là cũng lớn theo cách tương tự. Trong trường hợp phương pháp sản xuất sử dụng khoảng tốc độ làm mát theo sáng chế, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa có thể được phân biệt và xác định một cách rõ ràng theo hình dạng. Tuy nhiên, trong trường hợp nếu tốc độ làm mát là thấp như trong một số ví dụ so sánh, không chỉ trục chính, mà cả trục thứ hai, hoặc trục thứ ba đều dễ dàng phát triển, sao cho hai loại tinh thể Al sơ cấp này trở nên khó phân biệt. Do đó, khi so sánh tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp theo sáng chế, tổng tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa được so sánh với tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp và tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác, có cấu tạo khác nhau rõ rệt.

Về điều này, tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp, tinh thể sơ cấp dạng nhánh đẳng trục nhỏ, tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa và tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác là các giá trị được xác định bằng phương pháp dưới đây.

Đối với tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp, sử dụng ảnh SEM phóng đại 1000 lần, 5 trường nhìn ($N = 5$) trên mỗi mẫu được phân tích bằng phần mềm phân tích ảnh có bán trên thị trường, sao cho các tinh thể Al sơ cấp với các hình dạng tương ứng được xác định và từ diện tích của chúng, các tỷ lệ diện tích của các tinh thể Al sơ cấp được xác định theo các công thức tính dưới đây.

Công thức: Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp = Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp / Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp $\times 100$

Công thức: Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ = Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ / Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp $\times 100$

Công thức: Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa = Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa / Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp $\times 100$

Công thức: Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác = Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác / Tổng diện tích của các tinh thể Al sơ cấp $\times 100$

Về điều này, diện tích của mỗi tinh thể Al sơ cấp là diện tích của vùng trong đó tinh thể Al sơ cấp có mặt, mà bao gồm diện tích chiếm bởi tinh thể Al sơ cấp và cấu trúc eutectic có mặt trong số các nhánh cây (các trục) của tinh thể Al sơ cấp. Tức là, tỷ lệ diện tích của mỗi loại tinh thể Al sơ cấp là tỷ lệ diện tích của vùng bao gồm tinh thể Al sơ cấp đó và cấu trúc eutectic có mặt trong số các nhánh cây (các trục) của tinh thể Al sơ cấp đó.

Giờ đây, cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp được mô tả.

Trong cấu trúc của lớp mạ theo sáng chế, cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp được tạo kết cấu với cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg_2Zn_{11} . Tuy nhiên, đôi khi cấu trúc eutectic bậc ba này còn chứa lượng $MgZn_2$ nhỏ (5% thể tích hoặc nhỏ hơn).

Tốt hơn nếu cấu trúc của lớp mạ theo sáng chế không bao gồm Mg_2Si . Về điều này, thuật ngữ "không bao gồm Mg_2Si " có ý nghĩa dưới đây, ví dụ, "khi phổ nhiễu xạ tia X được đo, đỉnh liên quan là không được ghi nhận". Cụ thể, trong kết quả đo được thể hiện trên Fig.5A (đo cường độ của phổ nhiễu xạ tia X của lớp mạ), đỉnh của Mg_2Si là không cao hơn nhiễu (xấp xỉ 50 CPS) đối với cường độ đỉnh cực đại bằng 35000 CPS và không được xác định.

Trong trường hợp lớp mạ thông thường, độ bền chống ăn mòn được cải thiện nhờ sự có mặt của Mg_2Si , tuy nhiên vì cho đến nay vẫn không tồn tại các tinh thể mạ làm tăng độ bền chống ăn mòn theo sáng chế, nên được cho là sự

vắng mặt Mg_2Si thậm chí là tốt hơn để tránh sự ảnh hưởng đến độ bền chống ăn mòn.

Khi tấm thép được mạ được tạo ra bằng cách mạ tấm thép sử dụng kẽm nóng chảy có các thành phần tương tự như trong sáng chế và làm mát bằng phương pháp thông thường, như làm mát bằng khí hoặc làm mát bằng không khí-nước, sản phẩm được tạo ra ở trạng thái mà các tinh thể Al sơ cấp dạng phân nhánh đẳng trục có, ví dụ, độ dài trục chính nằm trong khoảng từ 50 đến 200 μm và khoảng cách trục thứ hai nằm trong khoảng từ 5 đến 20 μm , được phân tán trong eutectic được cấu thành với Zn, Al và $MgZn_2$ (xem Fig.4). Điều này có thể được cho là vì theo trình tự của quá trình hóa rắn, đầu tiên, sau khi bắt đầu làm mát, tinh thể Al sơ cấp có điểm bắt đầu hóa rắn cao kết tủa và phát triển ở khắp nơi trong lớp mạ, sau đó cấu trúc eutectic của Al và $MgZn_2$ kết tủa xung quanh tinh thể Al sơ cấp và sau khi tiếp tục làm mát, cấu trúc eutectic bậc ba của Zn, Al và $MgZn_2$ được tạo ra, thậm chí tạo ra cấu trúc mà trong đó các khe hở bao quanh tinh thể Al sơ cấp được lấp đầy bằng $MgZn_2$ và Mg.

Đối với hợp chất Mg-Zn, Mg_2Zn_{11} được cho là được tạo ra và được làm ổn định ở dạng hỗn hợp phần cân bằng từ lược đồ pha cân bằng bậc ba, tuy nhiên, thông thường $MgZn_2$, mà tốc độ tạo hạt nhân và phát triển được tin là cao, được tạo ra một cách ưu tiên, có thể được hỗ trợ bởi cùng động lực kết tủa. Trong các điều kiện vận hành theo tài liệu sáng chế 4 sử dụng phương pháp làm mát bằng cách phun chất lỏng, tốc độ hóa rắn trở nên cao và do đó sự ảnh hưởng của tốc độ tạo hạt nhân và phát triển bị giảm một cách tương đối, sao cho Mg_2Zn_{11} , mà gần với hỗn hợp phần cân bằng hơn, được tạo ra một cách dễ dàng. Theo tài liệu sáng chế 5, Mg_2Zn_{11} được tạo ra nếu mức độ siêu làm mát là cao và có thể cho rằng $MgZn_2$ được tạo ra nếu tránh được việc làm mát không đồng đều và đạt được việc làm mát đồng đều.

Hơn nữa, đối với hợp chất Mg-Si, thông thường là Mg_2Si được tạo ra vì Si có mặt trong kẽm nóng chảy, tuy nhiên theo sáng chế, do hợp chất được tin là được tạo ra lệch khỏi lược đồ cân bằng pha, nên được cho rằng Mg_2Si không được tạo ra trong nhiều trường hợp.

Trong khi đó, để đánh giá thành phần của lớp mạ theo sáng chế, cường độ của phổ nhiễu xạ tia X sử dụng nguồn phát xạ Cu đã được đánh giá. Fig.5A thể hiện cường độ của phổ nhiễu xạ tia X của lớp mạ theo sáng chế (tấm thép được mạ được sử dụng trong ví dụ) được vẽ lược đồ theo góc nhiễu xạ 2θ . Fig.5B thể hiện cường độ của phổ nhiễu xạ tia X của lớp mạ theo sáng chế (tấm thép được mạ (10) được sử dụng trong ví dụ) được vẽ lược đồ theo góc nhiễu xạ 2θ . ● (vòng tròn đặc) thể hiện đỉnh của Zn, ▼ (tam giác ngược đặc) thể hiện đỉnh Al trong trường hợp bất kỳ, ■ (hình vuông đặc) thể hiện đỉnh của $MgZn_2$ và ♦ (hình thoi đặc) thể hiện đỉnh của Mg_2Zn_{11} . Đối với Si, không thấy xuất hiện đỉnh là do cường độ nhiễu xạ tia X là quá thấp do nồng độ thấp.

Cường độ của phổ nhiễu xạ tia X được đo sử dụng RINT2000 do Rigaku Corporation sản xuất với nguồn phát xạ Cu ($K\alpha$) trong điều kiện điện áp ống 40kV và dòng ống 150mA.

Các mức phân bố nguyên tố tương ứng đối với Mg, Al, Zn và Si được đánh giá trong lớp mạ của ví dụ so sánh để phát hiện, như được thể hiện trên Fig.6, các vùng, mà ở đó Mg và Si được phân bố một cách đồng thời với nồng độ cao (màu trắng) và Al và Zn không được phân bố (màu đen) khẳng định sự có mặt của hợp chất Mg-Si. Điều này chỉ ra khả năng có mặt của Mg_2Si trong lớp mạ của ví dụ so sánh là cao. Fig.6 thể hiện vi ảnh SEM (kính hiển vi quét điện tử) quan sát mặt cắt của lớp mạ của ví dụ so sánh, cũng như các kết quả đo tương ứng của mức phân bố các nguyên tố Mg, Al, Zn và Si bởi EDS (phổ kế tia X phân tán năng lượng). Đối với mỗi nguyên tố, nồng độ cao hơn trông sáng hơn.

Như được thể hiện trên Fig.5B và Fig.6, lớp mạ của ví dụ so sánh được tạo ra bằng phương pháp làm mát thông thường có khả năng cao tạo kết cấu với Zn, Al, Si, $MgZn_2$ và Mg_2Si . Mặt khác, lớp mạ theo sáng chế được tạo kết cấu với Al, Zn, Si và Mg_2Zn_{11} . Nói cách khác, cấu trúc của lớp mạ theo sáng chế là khác so với cấu trúc thông thường, ở chỗ nó không bao gồm Mg_2Si và cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp được tạo kết cấu với cấu trúc eutectic bậc ba bao gồm Al, Zn và Mg_2Zn_{11} . Về điều này, có thể hiểu được rằng trong lớp mạ theo sáng chế, Si có mặt ở dạng dung dịch rắn, hoặc thể kết tủa mịn trong cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg_2Zn_{11} .

Trong lớp mạ Zn-Al-Mg, kết cấu của cấu trúc tạo ra khác tinh thể Al sơ cấp cũng được thay đổi chủ yếu nhờ nhiệt độ bắt đầu làm mát và tốc độ làm mát. Sự phân bố của Mg và thành phần của hợp chất Mg-Zn có ảnh hưởng đến độ bền chống ăn mòn của lớp mạ Zn-Al-Mg. Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng bằng cách tạo ra tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc nêu trên và hơn nữa, bằng cách tạo ra cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg_2Zn_{11} , lớp mạ Zn-Al-Mg có thể có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn (mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn).

Nói cách khác, vì cấu trúc lớp mạ theo sáng chế là cấu trúc khác với cấu trúc lớp mạ thông thường, tốt hơn nếu cấu trúc của lớp mạ Zn-Al-Mg có kết cấu không bao gồm Mg_2Si . Hơn nữa, đã phát hiện ra rằng với kết cấu này, lớp mạ có thể có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn (mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn).

Sự phân bố nguyên tố trong lớp mạ Zn-Al-Mg

Sự phân bố nguyên tố của lớp mạ theo sáng chế sẽ được mô tả.

Các mức phân bố nguyên tố tương ứng của Mg, Al, Zn và Si trong lớp mạ

Zn-Al-Mg theo sáng chế được đánh giá. Fig.7 thể hiện vi ảnh SEM (kính hiển vi quét điện tử) quan sát lớp mạ theo sáng chế từ bề mặt, cũng như các kết quả đo tương ứng của mức phân bố các nguyên tố Mg, Al, Zn và Si bằng EDS (Phổ kế tia X phân tán năng lượng). Đối với mỗi nguyên tố, nồng độ cao hơn trông sáng hơn.

Tương tự, các mức phân bố nguyên tố tương ứng của Mg, Al, Zn và Si trong lớp mạ Zn-Al-Mg của ví dụ so sánh được đánh giá. Fig.8 thể hiện vi ảnh SEM quan sát lớp mạ của ví dụ so sánh từ bề mặt, cũng như các kết quả đo tương ứng của mức phân bố các nguyên tố Mg, Al, Zn và Si bằng EDS. Lớp mạ của ví dụ so sánh là lớp mạ trên tấm thép được mạ được tạo ra bằng cách mạ kẽm nóng chảy với cùng thành phần như trong sáng chế trên tấm thép và sau đó sử dụng phương pháp làm mát thông thường như làm mát bằng khí và làm mát bằng không khí-nước.

Như thấy rõ từ Fig.8, trong lớp mạ của ví dụ so sánh, Mg được phân bố vào cấu trúc eutectic bậc ba khác tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đẳng trục và Zn được phân bố không đồng đều trong cấu trúc eutectic bậc ba khác tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đẳng trục.

Ngược lại, như được thể hiện trên Fig.7, trong lớp mạ theo sáng chế, cả Mg và Zn đều được phân bố trong toàn bộ lớp mạ. Hơn nữa, nồng độ Al trong tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xoắn (hàm lượng thành phần nguyên tố của Al) là thấp hơn nồng độ Al trong tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ (phần trung tâm) và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa.

Như được đề cập trên đây, đặc trưng phân bố nguyên tố của lớp mạ theo sáng chế là cũng khác so với đặc trưng phân bố nguyên tố của lớp mạ của ví dụ so sánh. Hơn nữa, các tác giả sáng chế cho rằng đặc trưng phân bố nguyên tố của lớp mạ cũng đóng góp vào việc cải thiện và duy trì độ bền chống ăn mòn.

Hàm lượng của các nguyên tố thành phần trong mỗi cấu trúc trong lớp mạ Zn-Al-Mg

Tiếp theo, hàm lượng (tính theo khối lượng) của các nguyên tố thành phần trong mỗi cấu trúc trong lớp mạ Zn-Al-Mg theo sáng chế được đánh giá. Bảng 1 thể hiện các kết quả đo hàm lượng (tính theo khối lượng) của các nguyên tố thành phần trong 1A) trục chính của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp với kết cấu dạng nhánh xốp, 2A) phần trung tâm của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ, 3A) trục chính của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ, 4A) tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa và 5A) cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp, trong lớp mạ theo sáng chế.

Tương tự, hàm lượng (tính theo khối lượng) của các nguyên tố thành phần của cấu trúc với mỗi kết cấu trong lớp mạ Zn-Al-Mg của ví dụ so sánh được đánh giá. Bảng 2 thể hiện các kết quả đo hàm lượng (theo khối lượng) của các nguyên tố thành phần trong, 1B) trục chính tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục, 2B) phần trung tâm tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục, 3B) cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp nằm ở nền của vùng nằm giữa các trục chính của tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục, 4B) cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp nằm ở đầu trước của vùng nằm giữa các trục chính của tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục và 5B) cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp ở bên ngoài vùng nằm giữa các trục chính của tinh thể Al sơ cấp có cấu trúc đẳng trục, trong lớp mạ của ví dụ so sánh.

Về điều này, "-" trong các Bảng 1 và Bảng 2 thể hiện rằng, kết quả đo là dưới giá trị giới hạn đo và dường như là "0% khối lượng".

Về điều này, hàm lượng (theo khối lượng) của nguyên tố thành phần được đo bằng SEM-EDS sử dụng JSM 7000F (được tạo ra bởi JEOL Ltd.) trong các điều kiện: điện thế tăng tốc = 15 V và đường kính dòng điện tử = 10 μ m.

Bảng 1

Lớp mạ theo sáng chế

	Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xếp Trục chính	Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đăng trục nhỏ Phần trung tâm	Tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đăng trục nhỏ Trục chính	Tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa	Cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp
Zn (% khối lượng)	71,9	49,9	81,4	63,8	89,0
Al (% khối lượng)	22,1	32,3	11,7	28,8	5,3
Mg (% khối lượng)	2,1	1,5	2,5	1,5	1,4
Si (% khối lượng)	-	0,05	-	0,1	0,1
	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình	(Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình) /Giá trị trung bình
Zn (% khối lượng)	63,8	89,0	76,4	12,6	17%
Al (% khối lượng)	5,3	32,3	18,8	13,5	72%
Mg (% khối lượng)	1,4	2,5	2,0	0,6	30%
Si (% khối lượng)	-	0,1	0,05	0,05	100%

Bảng 2

Lớp mạ của ví dụ so sánh

	Tinh thể Al sơ cấp Trục chính	Tinh thể Al sơ cấp Phần trung tâm	Cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp (Nền của vùng giữa các trục chính)	Cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp (Đầu trước của vùng giữa các trục chính)	Cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp (Bên ngoài vùng giữa các trục chính)
Zn (% khối lượng)	55,6	64,9	91,8	85,4	81,9
Al (% khối lượng)	38,6	32,1	3,7	2,0	0,9
Mg (% khối lượng)	0,4	0,4	1,6	9,9	14,2
Si (% khối lượng)	0,3	0,1	0,2	-	0,03
	Giá trị nhỏ nhất	Giá trị lớn nhất	Giá trị trung bình	Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình	(Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình)/Giá trị trung bình
Zn (% khối lượng)	55,6	91,8	73,7	18,1	25%
Al (% khối lượng)	0,9	39,6	19,75	18,85	95%
Mg (% khối lượng)	0,4	14,2	7,3	6,9	95%
Si (% khối lượng)	-	0,30	0,15	0,15	100%

Khác với lớp mạ của ví dụ so sánh, đối với lớp mạ theo sáng chế, sự biến thiên về hàm lượng của các nguyên tố thành phần của cấu trúc trong mỗi kết cấu là nhỏ, ngoại trừ Si mà khối lượng tuyệt đối là rất thấp. Hơn nữa, trong lớp mạ theo sáng chế, hàm lượng của nguyên tố thành phần Al trong tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp là thấp hơn trong phần trung tâm của tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ.

Nói cách khác, đối với các hàm lượng nguyên tố thành phần của cấu trúc trong lớp mạ theo sáng chế, tốt hơn là tỷ lệ khối lượng, tức là giá trị chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình của hàm lượng nguyên tố thành phần đối với Zn, Al, hoặc Mg và giá trị lớn nhất của Si nằm trong các khoảng dưới đây. Về điều này, giá trị lớn nhất và giá trị trung bình là các giá trị tính được khi hàm lượng nguyên tố thành phần là kết quả đo ở các vị trí đo 1A) đến 5B) trên đây.

Giá trị độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình của hàm lượng nguyên tố thành phần Zn là 20% hoặc nhỏ hơn (tốt hơn là 15% hoặc nhỏ hơn),

giá trị độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình của hàm lượng nguyên tố thành phần Al là 75% hoặc nhỏ hơn (tốt hơn là 60% hoặc nhỏ hơn),

giá trị độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình của hàm lượng nguyên tố thành phần Mg là 60% hoặc nhỏ hơn (tốt hơn là 30% hoặc nhỏ hơn), và

giá trị lớn nhất của hàm lượng nguyên tố thành phần Si là 0,2% khối lượng hoặc nhỏ hơn.

Các tác giả sáng chế cho rằng các khoảng giá trị độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình của các hàm lượng

nguyên tố thành phần của Zn, Al, hoặc Mg và giá trị lớn nhất của hàm lượng của Si trong lớp mạ Zn-Al-Mg đóng góp vào sự cải thiện và duy trì độ bền chống ăn mòn.

Sản xuất tấm thép được mạ theo sáng chế (Tạo ra lớp mạ)

Tấm thép được mạ theo sáng chế được tạo ra, ví dụ, như sau.

Đầu tiên, kẽm nóng chảy chứa các nguyên tố thành phần được mạ trên ít nhất một mặt của tấm thép (tấm nguyên bản). Bước mạ kẽm nóng chảy này có thể được thực hiện bằng cách, ví dụ, nhúng tấm thép vào bể mạ bằng kẽm nóng chảy. Tiếp theo, bước tẩy sạch được tiến hành để loại bỏ kẽm nóng chảy dư bám dính vào tấm thép để đạt được trọng lượng lớp phủ định trước của lớp mạ. Sau đó, tấm thép đã được mạ bằng kẽm nóng chảy được làm mát để hóa rắn các thành phần lớp mạ để tạo ra lớp mạ.

Để thu được lớp mạ có cấu trúc nêu trên, tốt hơn là làm mát nhanh từ trạng thái mà ở đó hỗn hợp thành phần của lớp mạ được làm nóng chảy đồng nhất đến nhiệt độ mà ở đó cấu trúc của tinh thể Al sơ cấp không thay đổi thêm nữa. Trong khi đó, khi nhiệt độ tăng quá mức để đạt được trạng thái mà ở đó hỗn hợp thành phần của lớp mạ được làm nóng chảy một cách đồng đều, nền thép của tấm thép phản ứng với kim loại trong hỗn hợp thành phần của lớp mạ để tạo ra quá mức lớp hợp kim Fe-Al (ví dụ, lớp Fe_2Al_5) ở bề mặt phân cách giữa lớp mạ và tấm thép, mà có thể làm giảm độ bền chống ăn mòn của tấm thép được mạ.

Để tạo ra tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp (quá trình chuyển từ tinh thể Al sơ cấp sang tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp), tốc độ hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp có sự ảnh hưởng. Cụ thể, hình dạng được xác định bởi sự cân bằng giữa gradien nhiệt độ trong khi hóa rắn tinh thể Al sơ cấp và tốc độ phát triển của cấu trúc tinh thể Al sơ cấp. Các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng sự tạo thành tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp bị ảnh hưởng lớn bởi gradien nhiệt độ

và sự tạo thành tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp được thúc đẩy nhờ điều kiện tôi đặc trưng.

Về điều này, gradien nhiệt độ có nghĩa là gradien nhiệt độ ở bề mặt phân cách hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp và được xác định bằng mối quan hệ giữa nhiệt ẩn hóa rắn và việc làm mát (loại bỏ nhiệt). Trong khi đó, gradien nhiệt độ lớn có nghĩa là trạng thái mà ở đó việc loại bỏ nhiệt vượt trội đáng kể và liên tục hơn nhiệt ẩn hóa rắn. Tức là, để gia tăng gradien nhiệt độ trong suốt quá trình làm mát, tốt hơn là làm tăng tổng hệ số truyền nhiệt [α : W/(m²·K)] trong suốt quá trình làm mát.

Do đó, để thu được lớp mạ có cấu trúc trên đây, tốt hơn là việc làm mát được tiến hành sao cho (bề mặt của) tấm thép được mạ bằng kẽm nóng chảy được điều chỉnh đến khoảng nhiệt độ từ cao hơn 30°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp đến 520°C (nhiệt độ trước khi bắt đầu làm mát) và sau đó được làm mát từ nhiệt độ này xuống đến nhiệt độ 370° với tốc độ làm mát là 500°C/giây hoặc lớn hơn (tốt hơn là từ 800°C/giây đến 2000°C/giây) và đảm bảo tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát là từ 1000 đến 3000 W/(m²·K) (tốt hơn là từ 2000 đến 3000 W/(m²·K)). Trong các điều kiện làm mát như vậy, tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp được tạo ra trong lớp mạ thu được, nhưng cấu trúc vô định hình không được tạo ra.

Khi quá trình làm mát được tiến hành bằng phương pháp làm mát với tổng hệ số truyền nhiệt vượt quá 3000 W/(m²·K), pha vô định hình được tạo ra và không chỉ các lượng của tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa bị giảm, mà độ bền chống ăn mòn cũng bị giảm đi đáng kể, vì cấu trúc vô định hình không có cấu tạo tinh thể đặc trưng để thúc đẩy việc hòa tan thành phần Mg, điều này là không mong muốn.

Về mặt này, tổng hệ số truyền nhiệt có nghĩa là năng lượng ($W/(m^2 \cdot K)$) cần thiết để thay đổi nhiệt độ $1^\circ C$ trên mỗi đơn vị diện tích của bề mặt truyền nhiệt (tức là bề mặt lớp mạ của tấm thép được mạ bằng kẽm nóng chảy).

Có thể hiểu được rằng, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa cũng được tạo ra bằng cách làm mát với gần như cùng tổng hệ số truyền nhiệt.

Để đạt được hiệu quả làm mát trong các điều kiện trên đây, bước làm mát bằng cách nhúng trong nước, hoặc tương tự là được ưu tiên, mà nhờ đó tấm thép (ví dụ, tấm thép có độ dày tấm từ 0,5 đến 4mm) được nhúng trong nước và được làm mát. Trong bước làm mát bằng cách nhúng trong nước theo sáng chế, vùng từ sôi chuyển pha đến sôi màng được sử dụng với mục đích kiểm soát việc truyền nhiệt. Trong khi đó, về phương pháp cải thiện hiệu quả làm mát hơn nữa, có phương pháp, như phương pháp sử dụng nhiệt độ nước thấp (ví dụ, nhiệt độ nước thấp bằng cách duy trì nhiệt độ nước thấp nhờ làm mát tuần hoàn bằng nước trong thùng nước sử dụng bộ làm lạnh), hoặc phương pháp ngăn ngừa ức chế truyền nhiệt nhờ sôi chuyển pha bằng cách phá vỡ màng sôi. Tuy nhiên như nêu trên, nếu tổng hệ số truyền nhiệt lớn hơn $3000 W/(m^2 \cdot K)$, thì pha vô định hình được tạo ra và độ bền chống ăn mòn bị giảm theo chiều ngược lại và do đó phương pháp trên đây chỉ có thể áp dụng cho trường hợp mà trong đó tấm thép dày (ví dụ, tấm thép có độ dày tấm lớn hơn 4mm) được sử dụng, trường hợp trong đó tấm thép cần được làm mát đồng đều theo chiều rộng, hoặc theo cách tương tự. Về phương pháp phá hủy màng sôi, có phương pháp mà nhờ nó việc phun nước được thực hiện bắn vào tấm thép trong nước và phương pháp này có thể được thực hiện với nhiệt độ nước và hơi nước là các thông số vận hành. Tốt hơn là, nhiệt độ nước lớn hơn $10^\circ C$ và nhỏ hơn $95^\circ C$ và đối với hơi nước, tốt hơn là thành phần vận tốc của hơi nước theo chiều vuông góc với tấm thép nằm

trong khoảng từ 1m/giây đến 100m/giây.

Tổng hệ số truyền nhiệt ở bước nhúng trong nước được tính bằng cách lắp đặt nhiệt kế được hàn với tấm thép, đo sự thay đổi nhiệt độ bởi việc gia nhiệt và làm mát tấm thép, tính toán lượng nhiệt trao đổi từ sự thay đổi nhiệt độ và các giá trị tính chất vật lý như nhiệt dung riêng và tính toán, trên cơ sở giá trị này cũng như tốc độ chuyển tấm, chiều rộng tấm và độ dày dải thép, lượng nhiệt được truyền trên mỗi đơn vị thời gian, đơn vị diện tích và đơn vị thay đổi nhiệt độ. Tốc độ làm mát được tính là độ chênh lệch nhiệt độ trên mỗi đơn vị thời gian từ nhiệt độ tấm thép và thời gian nhúng trong nước và nhiệt độ và thời gian khi nhiệt độ tấm thép giảm xuống dưới 100°C . Ở phép đo thực, sự chênh lệch thời gian giữa hai thời điểm này là từ khoảng 0,01 đến 0,10 giây.

Trong trường hợp trong đó việc làm mát bằng nước tuần hoàn (tháp làm mát, bộ làm lạnh v.v.) không được sử dụng, nhiệt độ nước sẽ tăng đến gần 100°C , làm cho tốc độ làm mát giảm. Nếu nó giảm đến dưới 500°C/giây , thì độ bền chống ăn mòn bị giảm. Đối với phương pháp làm mát nhanh khác, có phương pháp làm mát bằng cách cán / bằng không khí-nước, mà nhờ đó tấm thép được mạ bằng kẽm nóng chảy được chuyển đến qua một hoặc nhiều kẹp của các cặp trục lăn bằng kim loại được làm mát bằng nước làm mát tuần hoàn bên trong (ví dụ, các kẹp của ba cặp trục lăn bằng đồng) và sau đó không khí-nước được thổi để làm mát. Mặc dù theo phương pháp này, việc làm mát với tốc độ 400°C/giây gần với tốc độ làm mát nêu trên là có thể thực hiện được, nhưng việc làm mát không đồng đều có thể xảy ra và phát sinh vấn đề mới về sự biến dạng tấm thép và do đó đây không phải là phương pháp hiệu quả để thực hiện sáng chế.

Trong trường hợp làm mát bằng cách nhúng trong nước, trong khoảng nhiệt độ theo sáng chế, sôi màng xảy ra trong khi nhúng trong nước và việc làm mát

được tiến hành ở trạng thái trong đó màng sôi ổn định có mặt giữa lớp mạ của tấm thép và nước. Nói cách khác, nhờ làm mát bằng cách nhúng trong nước, việc làm mát được tiến hành để duy trì trạng thái ở đó việc loại bỏ nhiệt bằng cách làm bay hơi là đáng kể và việc loại bỏ nhiệt liên tục lớn hơn nhiệt ẩn hóa rắn và tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát là cao bằng, ví dụ, từ 2000 đến 3000 W/(m²·K). Tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát bằng không khí-nước là, ví dụ, nằm trong khoảng từ 300 đến 900 W/(m²·K) và tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát bằng khí là, ví dụ, nằm trong khoảng từ 150 đến 400 W/(m²·K). Sau đó, nhờ làm mát bằng cách nhúng trong nước, việc làm mát với tổng hệ số truyền nhiệt cao trong suốt quá trình làm mát và tốc độ làm mát lớn và gradien nhiệt độ có thể đạt được. Do đó, tấm thép được mạ với lớp mạ có cấu trúc nêu trên có thể thu được một cách dễ dàng.

Mặt khác, trong trường hợp các phương pháp làm mát thông thường, như làm mát bằng nước chảy thành tầng, làm mát bằng cách phun và làm mát bằng không khí-nước, sự sôi màng được tiến hành gián đoạn và do đó trạng thái ở đó việc loại bỏ nhiệt cao hơn nhiệt ẩn hóa rắn cũng bị gián đoạn và tổng hệ số truyền nhiệt không thể được duy trì cao một cách liên tục. Ngoài ra, trong trường hợp làm mát bằng khí, ngay cả khi nhiệt độ khí là thấp, lượng nhiệt được loại bỏ vẫn bị giới hạn và trạng thái ở đó việc loại bỏ nhiệt cao hơn nhiệt ẩn hóa rắn không thể được tạo ra ngay cả theo cách gián đoạn và do đó tổng hệ số truyền nhiệt không thể được duy trì liên tục ở mức cao.

Tốc độ làm mát và gradien nhiệt độ trong suốt quá trình làm mát có thể được xác định bằng cách đo nhiệt độ bề mặt của tấm thép được mạ trước khi bắt đầu làm mát và sau khi làm mát và thực hiện phân tích nhiệt bằng máy tính. Trong trường hợp này, nhiệt độ của tấm thép được mạ trước khi bắt đầu làm mát được đo ở vị trí ở đó nhiệt độ của nền thép của tấm thép và lớp mạ là gần như

giống nhau và nhiệt độ bề mặt của tấm thép được mạ sau khi làm mát được đo ở vị trí ở đó tấm thép được làm mát đủ đến nhiệt độ không ảnh hưởng đến sự tạo thành tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp. Việc hiệu chỉnh bằng máy tính là được phép. Tổng hệ số truyền nhiệt có thể được phát hiện ở cùng thời điểm bằng phương pháp tính phân tích độ dẫn nhiệt không ổn định.

Khi việc làm mát được bắt đầu ở trạng thái trong đó nhiệt độ bề mặt lớp mạ của tấm thép trước khi bắt đầu làm mát là giống như nhiệt độ bể dung dịch mạ hoặc cao hơn nhiệt độ bể dung dịch mạ, thì việc làm mát từ khoảng nhiệt độ cao hơn 30°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp đến 520°C có thể được thực hiện một cách dễ dàng và do đó nó là thích hợp. Khi việc làm mát được tiến hành, tốt hơn là gia nhiệt tấm thép bằng cách gia nhiệt cảm ứng điện từ, gia nhiệt bằng khí đốt, gia nhiệt Joule, hoặc phương pháp tương tự trước khi làm mát.

Đối với việc làm mát dưới 370°C , không có giới hạn đặc biệt. Do làm mát xuống dưới 370°C , không xuất hiện sự thay đổi đặc biệt về cấu trúc của tinh thể Al sơ cấp. Tức là, cấu trúc của tinh thể Al sơ cấp được xác định từ khi bắt đầu làm mát đến 370°C . Tuy nhiên, ví dụ, trong trường hợp nếu việc làm mát xuống dưới 370°C được tiến hành bằng cách làm mát tự nhiên, MgZn_2 kết tủa bổ sung trong khoảng nhiệt độ giữa khoảng 370°C và 336°C và sau đó cỡ hạt của MgZn_2 có thể phát triển và độ bền chống ăn mòn của tấm thép được mạ có thể bị giảm. Do đó, tốt hơn là toàn bộ quy trình làm mát được tiến hành bằng cách làm mát trong các điều kiện nêu trên.

Tấm thép được mạ theo sáng chế có thể có lớp hợp kim (ví dụ, lớp hợp kim Fe-Al như lớp Fe_2Al_5) ở bề mặt phân cách giữa lớp mạ và tấm thép, tuy nhiên nếu lớp hợp kim Fe-Al được tạo ra quá mức, lo ngại rằng độ bền chống ăn mòn có thể giảm hoặc độ bám dính lớp mạ có thể giảm. Do đó, tốt hơn nếu tấm thép

được mạ theo sáng chế không có lớp hợp kim ở bề mặt phân cách giữa lớp mạ và tấm thép.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Dưới đây, sáng chế sẽ được mô tả cụ thể hơn bằng các ví dụ, với điều kiện các ví dụ này không làm giới hạn sáng chế theo bất kỳ cách nào.

Sản xuất tấm thép được mạ

Sau đây, các điều kiện khác nhau được mô tả trong Bảng 3 và Bảng 4, bước mạ được tiến hành sử dụng tấm thép được cán nóng có độ dày 0,8mm (hàm lượng cacbon: 0,2% khối lượng) làm tấm nguyên bản để mạ (tấm thép làm vật liệu nền cho tấm thép được mạ). Các bước xử lý trước khi mạ là tẩy nhờn, tẩy gỉ và ủ và không có bước tiền xử lý đặc biệt nào mà ảnh hưởng đến hiệu quả của sáng chế được tiến hành. Mặc dù tấm thép được cán nóng được sử dụng trong ví dụ, nhưng không có giới hạn cụ thể về tấm thép, miễn sao đó là tấm thép trong điều kiện thích hợp để mạ, như tấm thép cán nguội và tấm thép cán nguội được ủ chẳng hạn, thường được sử dụng để mạ. Không có vấn đề cụ thể về độ dày tấm, chỉ cần tấm thép có độ dày tấm nằm trong khoảng từ 0,5 đến 4mm. Trong ví dụ, tấm thép được mạ trực tiếp mà không cần thực hiện mạ Ni. Tuy nhiên, việc mạ Ni là không bị loại trừ, nhưng điều này là cũng không cần thiết.

Tấm nguyên bản được nhúng trong bể mạ kẽm nóng chảy với các thành phần và nhiệt độ định trước trong 3 giây và sau đó được điều chỉnh để trọng lượng lớp phủ của lớp mạ là khoảng 140g/m² trên một mặt bằng cách tẩy bằng nito. Sau đó, nhiệt độ bề mặt của lớp mạ của tấm thép (nhiệt độ trước khi làm mát) được điều chỉnh đến nhiệt độ định trước, tức là từ nhiệt độ cao hơn 30°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp đến 520°C và sau đó tấm thép được làm mát nhanh trong thời gian cực ngắn từ nhiệt độ này đến nhiệt độ dưới 370°C để tạo ra lớp mạ trên tấm thép. Thông qua bước xử lý này, các tấm thép

được mạ Zn-Al-Mg tương ứng từ số 1 đến số 21 được tạo ra. Về điều này, toàn bộ quy trình làm mát lớp mạ của tấm thép được mạ được tiến hành theo các điều kiện khác nhau được mô tả trong Bảng 4.

Trong Bảng 3, trong cột "nhiệt độ hóa rắn tinh thể Al sơ cấp" và trong hàng thành phần của bề mạ kẽm nóng chảy (D), nhiệt độ hóa rắn của $MgZn_2$ được thể hiện. Trong Bảng 3, trong cột "Tạp chất", một phần các tạp chất đã được xác định được thể hiện.

Trong cột phương pháp làm mát của Bảng 4, chú thích "làm mát bằng cách nhúng trong nước" có nghĩa là phương pháp làm mát mà tấm thép được nhúng trong nước với nhiệt độ nước nằm trong khoảng từ 35°C đến 45°C. Nhiệt độ nước để làm mát bằng cách nhúng trong nước được điều chỉnh đến nhiệt độ định trước bằng cách tuần hoàn nước để làm mát ở tháp làm mát và điều chỉnh lượng nước tuần hoàn. Trong bước làm mát bằng cách nhúng trong nước, vùng từ sôi chuyển pha đến sôi màng được sử dụng để kiểm soát truyền nhiệt.

Chú thích "làm mát bằng cách cán + làm mát bằng không khí-nước" đề cập đến phương pháp làm mát bằng cách cán / không khí-nước mà tấm thép được chuyển qua 3 kẹp của các cặp trục cán làm bằng đồng và sau đó không khí-nước được thổi trên đó để làm mát. Nhờ phương pháp làm mát bằng cách cán / không khí-nước, tấm thép được chuyển qua 3 kẹp của các cặp trục cán làm bằng đồng, mà được làm lạnh bằng nước làm mát tuần hoàn bên trong, với tốc độ cao khoảng 2m/giây để tôi lớp mạ và lớp bề mặt cực mỏng của tấm thép để hóa rắn lớp mạ. Ngoài ra, vòi phun không khí và nước được lắp đặt ở đầu ra của cặp trục cán làm bằng đồng thứ ba, mà từ đó không khí-nước được thổi để ngăn ngừa lớp mạ không bị nóng chảy trở lại bởi nhiệt từ phần trung tâm có nhiệt độ cao của tấm thép và để cố định các thành phần được hóa rắn của lớp mạ.

Chú thích "làm mát tăng cường bằng cách cán + làm mát bằng không

khí-nước" đề cập đến phương pháp làm mát mà nước làm mát tuần hoàn bên trong được làm mát đến nhiệt độ từ 5°C đến 10°C (nhiệt độ nước bên phía đầu vào) bởi bộ làm mát để làm cải thiện năng suất làm mát của nó.

Chú thích "làm mát bằng cách nhúng trong nước (nhiệt độ nước thấp, phun trong nước)" đề cập đến phương pháp làm mát mà bước làm mát tuần hoàn được tiến hành bằng cách sử dụng bộ phận làm lạnh để duy trì nhiệt độ nước trong khoảng từ 5 đến 10°C và nước tuần hoàn được phân nhánh được phun thẳng đứng lên tấm trong nước từ 15 vòi phun được đặt ở mỗi bên cách xa tấm khoảng 50mm, với tốc độ 20L/phút đối với mỗi vòi.

Chú thích "làm mát bằng cách nhúng trong nước (nhiệt độ nước cao)" đề cập đến phương pháp làm mát mà nước trong thùng nước được sử dụng mà không cần làm mát cho phép nhiệt độ tăng lên đến 95°C.

Trong quá trình sản xuất tấm thép được mạ, đối với trường hợp trong đó nhiệt độ bề mặt của lớp mạ của tấm thép trước khi làm mát nhanh (trong Bảng 4 được chú thích là "nhiệt độ trước khi làm mát") là giống như nhiệt độ bề dung dịch, hoặc cao hơn nhiệt độ bề dung dịch, bước gia nhiệt cảm ứng được thực hiện để nâng nhiệt độ.

Các phép đo khác nhau

Các phép đo theo các phương pháp trên đây được tiến hành đối với cấu trúc của lớp mạ của tấm thép được mạ được tạo ra (tinh thể Al sơ cấp và cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp).

Ngoài ra, đối với cấu trúc của lớp mạ của tấm thép được mạ đã được tạo ra, các phép phân tích về mức phân bố đỉnh của phổ nhiễu xạ tia X sử dụng nguồn phát xạ Cu và mức phân bố nguyên tố bằng SEM-EDS được tiến hành để xác định khẳng định cấu tạo chất của cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

Ngoài ra, mức phân bố nguyên tố của lớp mạ của tấm thép được mạ đã

được tạo ra được đo theo phương pháp trên đây và các giá trị độ chênh lệch giữa giá trị lớn nhất và giá trị trung bình chia cho giá trị trung bình đối với Zn, Al và Mg, cũng như giá trị lớn nhất của Si được đánh giá.

Đánh giá độ bền chống ăn mòn

Để đánh giá độ bền chống ăn mòn, mẫu được lấy từ lớp mạ của tấm thép được mạ sau khi làm mát và được trải qua thử nghiệm chu kỳ kết hợp ẩm-khô (thử nghiệm JASO) sử dụng 5%-NaCl và sự tổn hao trọng lượng do ăn mòn của lớp mạ sau 60 chu kỳ đã được đánh giá. Kết quả được đánh giá như sau.

Về điều này, thử nghiệm JASO có nghĩa là thử nghiệm chu kỳ ẩm-khô phun muối JASO M610 (tương ứng với JIS H 8502) được quy định trong JASO (Japanese Automobile Standard).

A: Mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn $\leq 20\text{g/m}^2$

B: $20\text{g/m}^2 < \text{mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn} \leq 25\text{g/m}^2$

C: $25\text{g/m}^2 < \text{mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn}$

Các điều kiện khác nhau để sản xuất tấm thép được mạ, các kết quả đo khác nhau và các kết quả đánh giá được thể hiện trong các bảng từ Bảng 3 đến Bảng 6. Về điều này, sự tổn hao trọng lượng do ăn mòn theo thử nghiệm JASO là không nhất thiết tỷ lệ với số chu kỳ và theo thử nghiệm độ bền chống ăn mòn theo sáng chế, một phần trong số các mẫu được thử nghiệm lên đến 200 chu kỳ, nhưng các kết quả là ở mức giống nhau.

Bảng 3

	Các thành phần của bề mặt kẽm nóng chảy (% khối lượng): Còn lại: Zn + tạp chất					Nhiệt độ hóa rắn tinh thể Al sơ cấp
	Al	Mg	Si	Nguyên tố chọn lọc	Tạp chất	
(A)	11	3,0	0,200	không	Pb:0,0005 Ca:0,001	428°C
(B)	11	3,0	0,200	Fe:0,0200	Pb:0,0004	428°C
(C)	30	3,0	0,200	không	-	510°C
(D)	11	10,0	0,200	không	Pb:0,0005	516°C (MgZn ₂)
(E)	5	3,0	0,200	không	Pb:0,0001 Co:0,0001	367°C
(F)	14	6,0	không	không	-	444°C
(G)	22	1,0	0,200	không	Pb:0,0005 Ca:0,001	500°C

Bảng 4

Tấm thép được mạ Sô	Bề dung dịch mạ Sô	Nhiệt độ bể dung dịch mạ (°C)	Nhiệt độ trước khi làm mát (°C)	Phương pháp làm mát	Tốc độ làm mát (°C/giây)	Tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát [W/m ² K]	Lưu ý
(1)	(A)	480	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ của sáng chế
(2)	(A)	460	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ của sáng chế
(3)	(A)	460	500	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	840	2100	Ví dụ của sáng chế
(4)	(A)	460	520	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	900	2400	Ví dụ của sáng chế
(5)	(A)	460	520	Làm mát bằng cách cán + Làm mát bằng không khí-nước	400	850	Ví dụ so sánh
(6)	(A)	460	400	Làm mát bằng cách cán + Làm mát bằng không khí-nước	350	600	Ví dụ so sánh
(7)	(A)	460	450	Làm mát bằng không khí-nước	60	450	Ví dụ so sánh
(8)	(A)	460	475	Làm mát bằng không khí-nước	60	470	Ví dụ so sánh
(9)	(A)	460	450	Làm mát bằng khí	40	280	Ví dụ so sánh
(10)	(A)	460	475	Làm mát bằng khí	40	320	Ví dụ so sánh
(11)	(B)	460	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ của sáng chế
(12)	(C)	540	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ so sánh
(13)	(D)	540	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ so sánh
(14)	(E)	460	475	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	800	2000	Ví dụ so sánh
(15)	(F)	500	475	Làm mát bằng cách cán + Làm mát bằng không khí-nước	350	600	Ví dụ so sánh
(16)	(A)	460	475	Làm mát bằng cách cán	90	520	Ví dụ so sánh
(17)	(A)	480	450	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	760	1600	Ví dụ so sánh
(18)	(A)	460	520	Làm mát tăng cường bằng cách cán + Làm mát bằng không khí-nước	520	900	Ví dụ so sánh
(19)	(A)	460	520	Làm mát bằng cách nhúng trong nước (nhiệt độ nước thấp, phun trong nước)	920	3100	Ví dụ so sánh
(20)	(A)	460	460	Làm mát bằng cách nhúng trong nước (nhiệt độ nước cao)	490	1250	Ví dụ so sánh
(21)	(G)	460	530	Làm mát bằng cách nhúng trong nước	890	2300	Ví dụ so sánh

Bảng 5

Tấm thép được mạ số	Tinh thể Al sơ cấp			Cấu tạo chất của cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp	Hàm lượng nguyên tố thành phần trong cấu trúc				Mức tồn hao trọng lượng do ăn mòn g/m ²	Lưu ý
	Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp thứ nhất	Tổng tỷ lệ diện tích của các tinh thể Al sơ cấp thứ hai và thứ ba	Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác		(Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình) /Giá trị trung bình×100					
					Zn %	Al %	Mg %	Si % khối lượng		
(1)	62	30	8	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	19	72	30	0,15	A	Ví dụ của sáng chế
(2)	64	31	5	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	17	72	30	0,20	A	Ví dụ của sáng chế
(3)	65	30	5	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	15	65	35	0,15	A	Ví dụ của sáng chế
(4)	67	32	1	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	12	58	22	0,20	A	Ví dụ của sáng chế
(5)	58	25	17	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si (Lượng vết của MgZn ₂)	19	74	59	0,20	B	Ví dụ so sánh
(6)	8	2	90	Al, Zn, Si, MgZn ₂	30	105	120	0,20	C	Ví dụ so sánh
(7)	0	7	93	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si, Mg ₂ Si (Lượng nhỏ của MgZn ₂)	26	94	100	0,25	A	Ví dụ so sánh
(8)	0	8	92	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si, Mg ₂ Si (Lượng nhỏ của MgZn ₂)	25	95	95	0,30	A	Ví dụ so sánh
(9)	1	4	95	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , MgZn ₂ , Si, Mg ₂ Si	55	102	114	0,35	A	Ví dụ so sánh
(10)	0	1	99	Al, Zn, MgZn ₂ , Si, Mg ₂ Si (Lượng nhỏ của Mg ₂ Zn ₁₁)	57	110	105	0,25	C	Ví dụ so sánh

Bảng 6

Tấm thép được mạ số	Tinh thể Al sơ cấp			Cấu tạo chất của cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp	Hàm lượng nguyên tố thành phần trong cấu trúc				Mức tổn hao trọng lượng do ăn mòn g/m ²	Lưu ý
	Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp thứ nhất	Tổng tỷ lệ diện tích của các tinh thể Al sơ cấp thứ hai và thứ ba	Tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác		(Giá trị lớn nhất -Giá trị trung bình) /Giá trị trung bình×100					
					Zn %	Al %	Mg %	Si % khối lượng		
(11)	66	30	4	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	17	70	30	0,20	A	Ví dụ của sáng chế
(12)	38	38	24	Al, Zn, Si, MgZn ₂	25	63	46	0,20	B	Ví dụ so sánh
(13)	12	15	73	Al, Zn, Si, MgZn ₂ * Thể kết tủa ban đầu là MgZn ₂	25	88	25	0,30	C	Ví dụ so sánh
(14)	51	29	20	Al, Zn, Si, Mg ₂ Zn ₁₁ , MgZn ₂	21	81	32	0,20	B	Ví dụ so sánh
(15)	39	26	35	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si (Lượng vết của MgZn ₂)	22	77	78	0,20	B	Ví dụ so sánh
(16)	11	3	86	Al, Zn, MgZn ₂ , Si	31	100	111	0,25	C	Ví dụ so sánh
(17)	62	28	10	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si (Lượng vết của MgZn ₂)	18	72	35	0,20	B	Ví dụ so sánh
(18)	59	27	14	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si (Lượng vết của MgZn ₂)	19	75	44	0,25	B	Ví dụ so sánh
(19)	71	22	7	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si, vô định hình	10	52	15	0,20	B	Ví dụ so sánh
(20)	18	72	10	Al, Zn, Mg ₂ Zn ₁₁ , Si	21	75	26	0,20	B	Ví dụ so sánh
(21)	45	28	27	Al, Zn, Si, MgZn ₂	24	66	46	0,20	B	Ví dụ so sánh

Ý nghĩa đầy đủ của các chữ viết tắt trong Bảng 5 và Bảng 6 là như sau.

Tinh thể Al sơ cấp thứ nhất (tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp): tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp với khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μm

Tinh thể Al sơ cấp thứ hai (tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ): tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh đẳng trục nhỏ với độ dài trục chính từ 5 đến 10 μm và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μm

Tinh thể Al sơ cấp thứ ba (tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa): tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa với độ dài trục chính từ 0,5 đến 3,0 μm

Tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác: tinh thể Al sơ cấp khác tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp, tinh thể sơ cấp dạng nhánh đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa nêu trên.

Từ các kết quả trong Bảng 6 đối với các tấm thép được mạ từ số 1 đến số 5 và số 11, khi cấu trúc của lớp mạ với các thành phần định trước bao gồm tinh thể Al sơ cấp chứa tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xốp tính theo tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng từ 30 đến 70% và tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa tính theo tổng tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng từ 30 đến 70% và cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp được cấu thành với cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và $\text{Mg}_2\text{Zn}_{11}$, thì rõ ràng là độ bền chống ăn mòn là cao và độ bền chống ăn mòn được duy trì một cách ổn định.

Đối với các lớp mạ của các tấm thép được mạ từ số 1 đến số 5 và số 11, tinh thể Al sơ cấp dạng khối được quan sát là tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác. Hơn nữa, đã khẳng định được rằng Mg_2Si không có mặt trong các lớp mạ.

Mặt khác, rõ ràng là các tấm thép được mạ từ số 6 đến số 10 và từ số 12 đến số 21, mà không thỏa mãn các điều kiện đối với tinh thể Al sơ cấp, không có đủ độ bền chống ăn mòn. Về các lớp mạ của các tấm thép được mạ từ số 6 đến số 10, đối với tinh thể Al sơ cấp có hình dạng khác, tinh thể Al sơ cấp cấu trúc

đẳng trục với độ dài trục chính từ 50 đến 200 μm và khoảng cách trục thứ hai từ 5 đến 20 μm được quan sát. Hơn nữa, đã khẳng định được rằng Mg_2Si không có mặt trong các lớp mạ.

Các kết quả trên đây gợi ý khả năng rằng sự không tồn tại cấu trúc Mg_2Si theo sáng chế có liên quan mật thiết với sự tạo thành tinh thể Al sơ cấp dạng nhánh xóp, tinh thể Al sơ cấp đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp dạng cánh hoa như là tinh thể Al sơ cấp trong cấu trúc theo sáng chế. Có thể hiểu được rằng, điều này là bởi sự sai lệch so với trạng thái cân bằng gây ra do tổng hệ số truyền nhiệt tăng, trái ngược với sự tạo thành cấu trúc thông thường trên cơ sở trạng thái cân bằng.

Sáng chế đã được mô tả chi tiết nhưng phạm vi kỹ thuật của phần mô tả là không bị giới hạn ở các ví dụ trên đây. Người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực kỹ thuật này có thể tìm thấy các phương án thay thế và các cải biến khác trong phạm vi của các ý tưởng kỹ thuật trong yêu cầu bảo hộ kèm theo và cần phải hiểu rằng chúng sẽ được tạo ra một cách tự nhiên trong phạm vi kỹ thuật của phần mô tả này.

Hơn nữa, theo sáng chế, trong việc sản xuất tấm thép được mạ, ngay cả khi bước xử lý sau sau khi mạ được tiến hành, thì vẫn có thể đạt được một cách đồng nhất hiệu quả là độ bền chống ăn mòn vượt trội và độ bền chống ăn mòn có thể được duy trì ổn định. Hơn nữa, theo sáng chế, ngay cả sau khi bước gia công như đúc ép được áp dụng cho tấm thép được mạ, thì lớp mạ của tấm thép được mạ vẫn có thể duy trì cấu trúc gần như đồng nhất và mịn và do đó quá trình bột hóa khó xảy ra và độ bền chống ăn mòn không bị suy giảm.

Các ví dụ về bước xử lý sau sau khi mạ bao gồm các bước xử lý bề mặt của tấm thép được mạ, như xử lý để tạo ra lớp phủ phía trên, xử lý bằng cromat, xử lý không dùng cromat, xử lý bằng phosphat, xử lý để làm tăng tính bôi trơn và

xử lý để cải thiện khả năng hàn. Các ví dụ về bước xử lý sau sau khi mạ còn bao gồm xử lý để tạo ra màng sơn bằng cách phủ sơn trên cơ sở nhựa (như trên cơ sở nhựa polyeste, trên cơ sở nhựa acrylic, trên cơ sở nhựa florua cacbon, trên cơ sở nhựa vinyl clorua, trên cơ sở nhựa uretan và sơn trên cơ sở nhựa epoxy) bằng phương pháp, như sơn cán, sơn phun, phủ dòng màng che, phủ nhúng chẳng hạn và phương pháp dát màng mỏng (ví dụ, phương pháp dát màng mỏng dát màng nhựa như màng nhựa acrylic chẳng hạn).

Khả năng áp dụng công nghiệp

Sáng chế có thể tạo ra tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, có độ bền chống ăn mòn tốt hơn và có thể duy trì một cách ổn định độ bền chống ăn mòn. Theo cách này, các thiết bị điện gia dụng và vật liệu xây dựng có độ bền chống ăn mòn tốt hơn có thể đưa vào sử dụng rộng rãi hơn. Do đáp ứng được sự tiện lợi của người tiêu dùng nên giá trị công nghiệp của sáng chế là rất cao.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, bao gồm lớp mạ chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng và Zn và các tạp chất là thành phần còn lại,

trong đó cấu trúc của lớp mạ bao gồm:

tinh thể Al sơ cấp, tinh thể Al sơ cấp này bao gồm: tinh thể Al sơ cấp thứ nhất dạng nhánh xấp với tỷ lệ diện tích từ 30 đến 70% và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ với độ dài trục chính từ 5 đến 10 μ m và khoảng cách trục thứ hai từ 0,5 đến 2,0 μ m; và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa với độ dài trục chính từ 0,5 đến 3,0 μ m, trong đó tổng tỷ lệ diện tích của tinh thể Al sơ cấp thứ hai dạng nhánh đẳng trục nhỏ và tinh thể Al sơ cấp thứ ba dạng cánh hoa là từ 30 đến 70%; và

cấu trúc eutectic bậc ba của Al, Zn và Mg_2Zn_{11} ở dạng cấu trúc khác tinh thể Al sơ cấp.

2. Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo điểm 1, trong đó lớp mạ còn bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ: Ti, Nb, Fe, Ni, Cr, Sn, Mn, hoặc B, ở dạng riêng biệt hoặc kết hợp với tổng lượng từ 0,0001 đến 1,0000% khối lượng.

3. Tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo điểm 1 hoặc điểm 2, trong đó cấu trúc của lớp mạ không bao gồm Mg_2Si .

4. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg, phương pháp này bao gồm các bước:

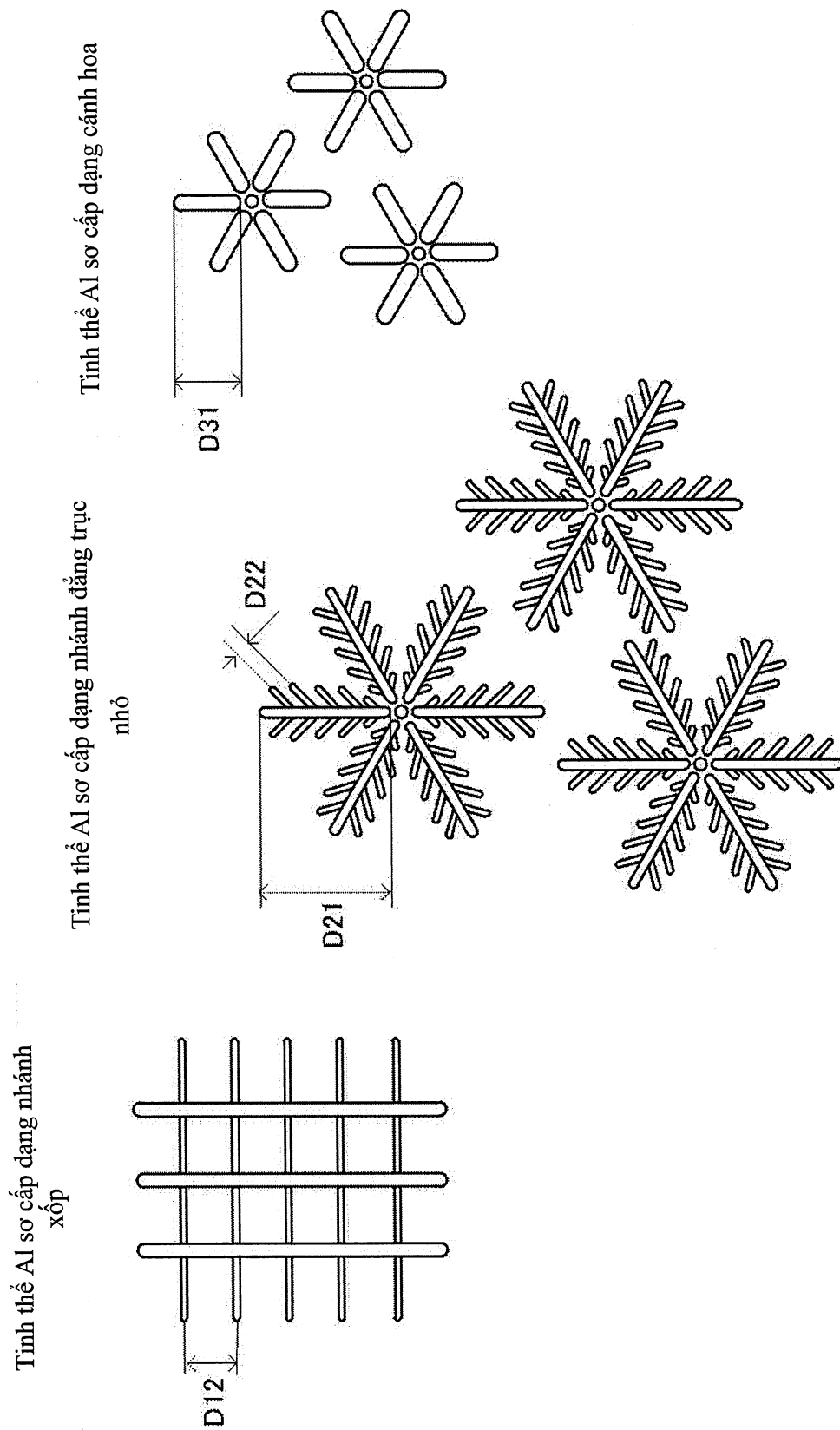
mạ trên ít nhất một mặt của tấm thép, kẽm nóng chảy chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 4 đến 22% khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ

1,0 đến 6,5% khối lượng, trong đó lượng Mg bằng 1/2 lượng Al hoặc nhỏ hơn, tính theo % khối lượng, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,001 đến 1,000% khối lượng và Zn và các tạp chất là thành phần còn lại, và

gia nhiệt tấm thép đã được mạ kẽm nóng chảy đến nhiệt độ từ nhiệt độ cao hơn 30°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của tinh thể Al sơ cấp đến 520°C và sau đó làm mát xuống đến nhiệt độ 370°C với tốc độ làm mát là 500°C/giây hoặc lớn hơn và đảm bảo tổng hệ số truyền nhiệt trong suốt quá trình làm mát từ 1000 đến 3000 W/(m²·K).

5. Phương pháp sản xuất tấm thép được mạ Zn-Al-Mg theo điểm 4, trong đó bước làm mát được thực hiện bằng cách làm mát bằng nhúng trong nước.

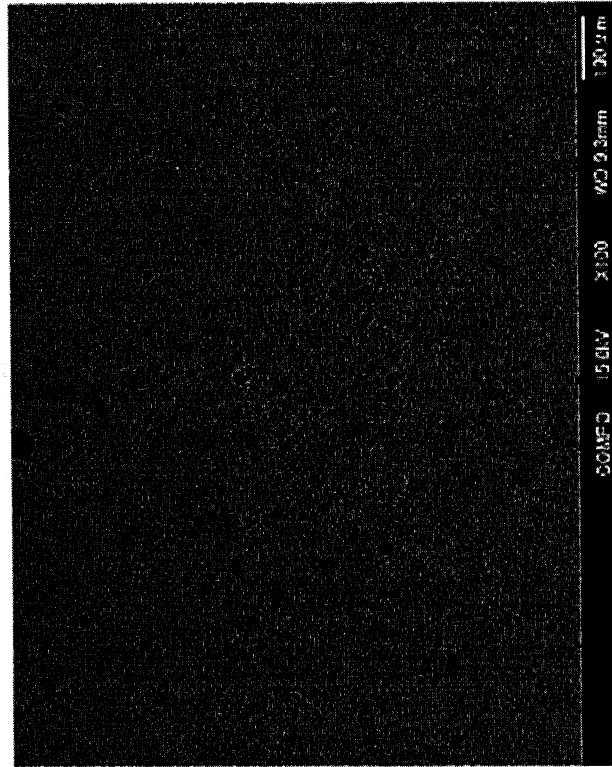
[Fig. 1]



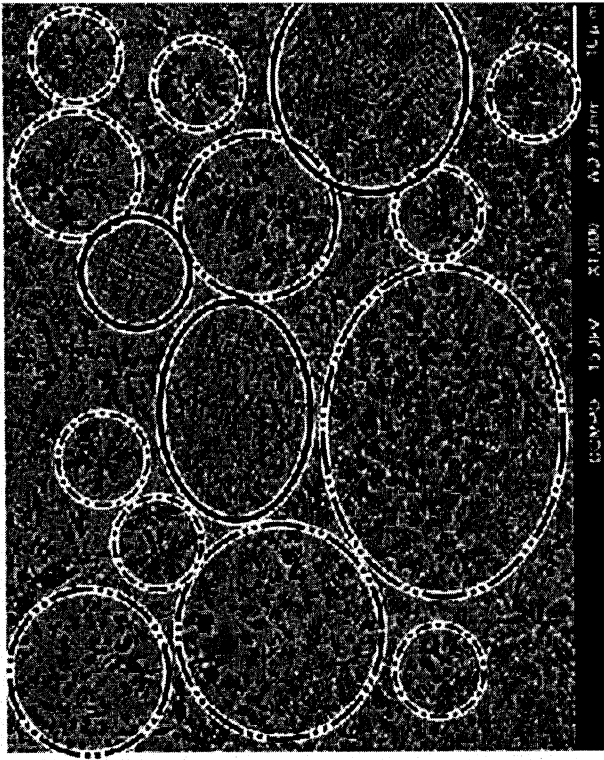
[Fig. 2]

Vi ảnh SEM của lớp mạ theo
sáng chế

Độ phóng đại 100 lần



Độ phóng đại 1000 lần



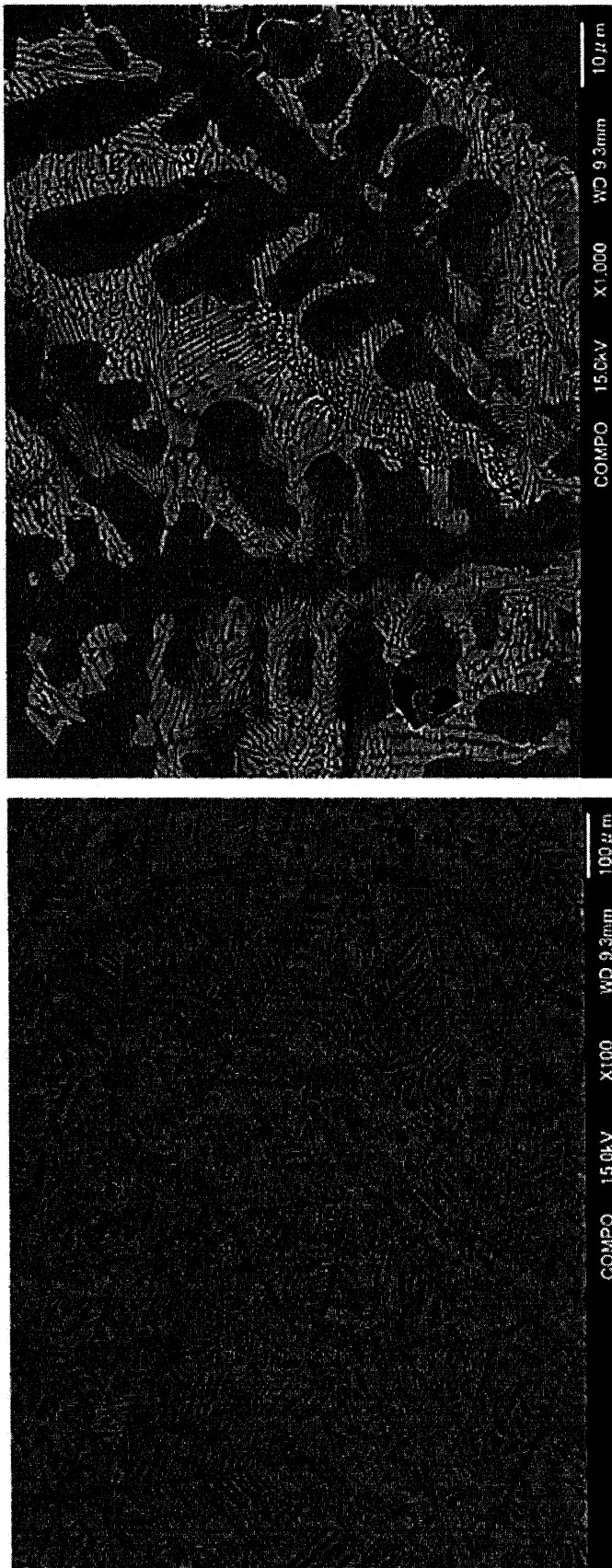
[Fig. 3]

Vi ảnh SEM của lớp mạ theo sáng chế

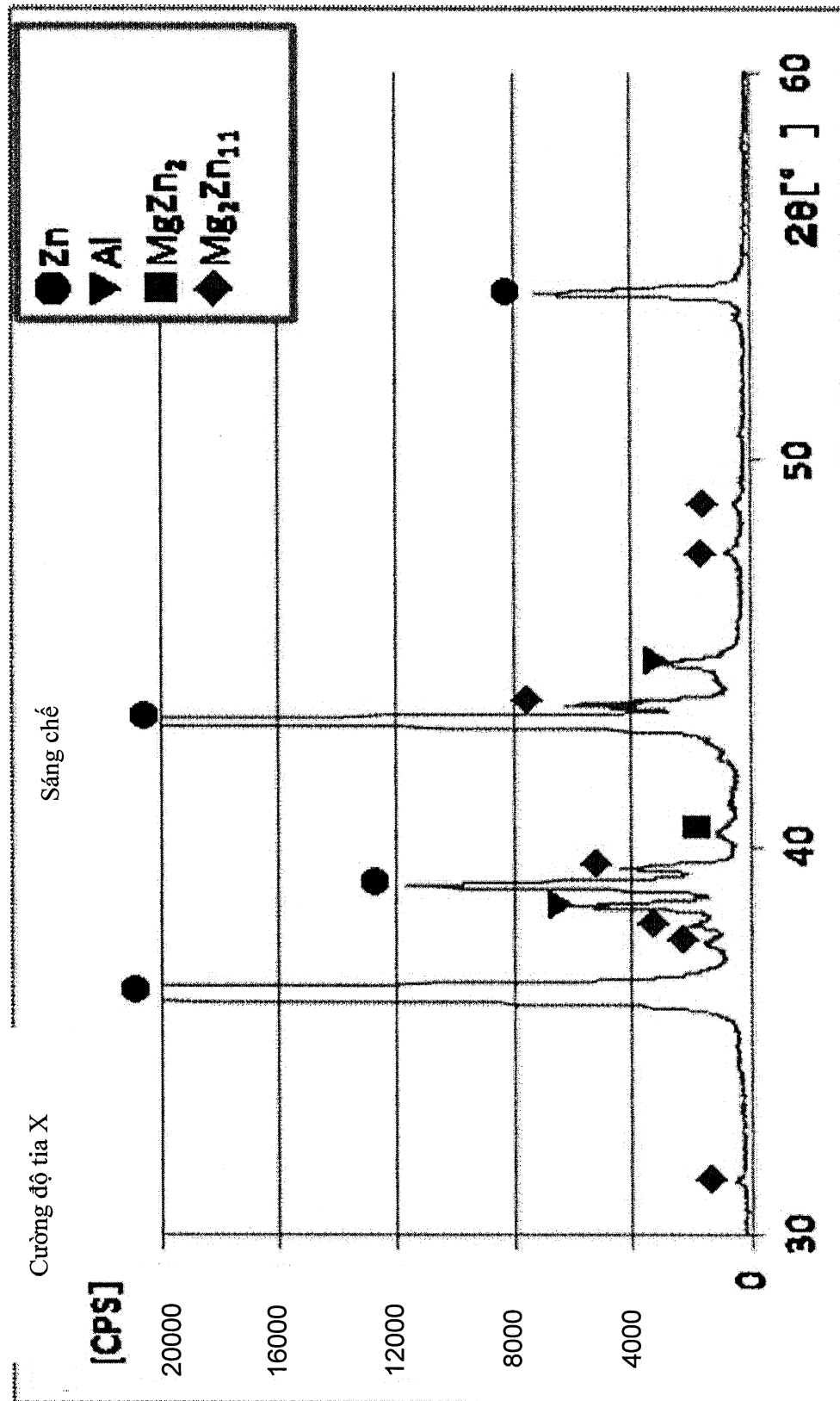


[Fig. 4]

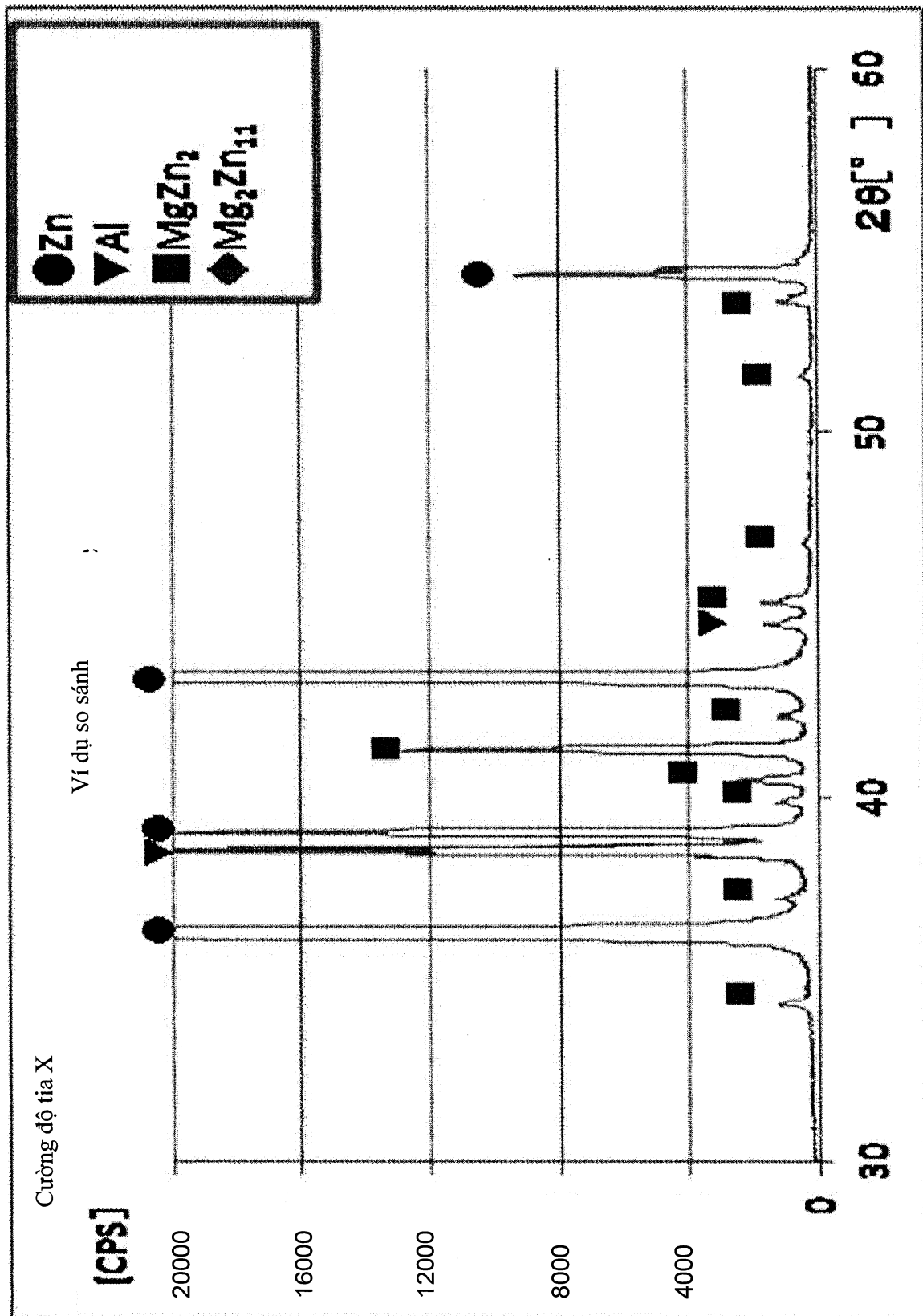
Vi ảnh SEM của lớp mạ của ví dụ so sánh



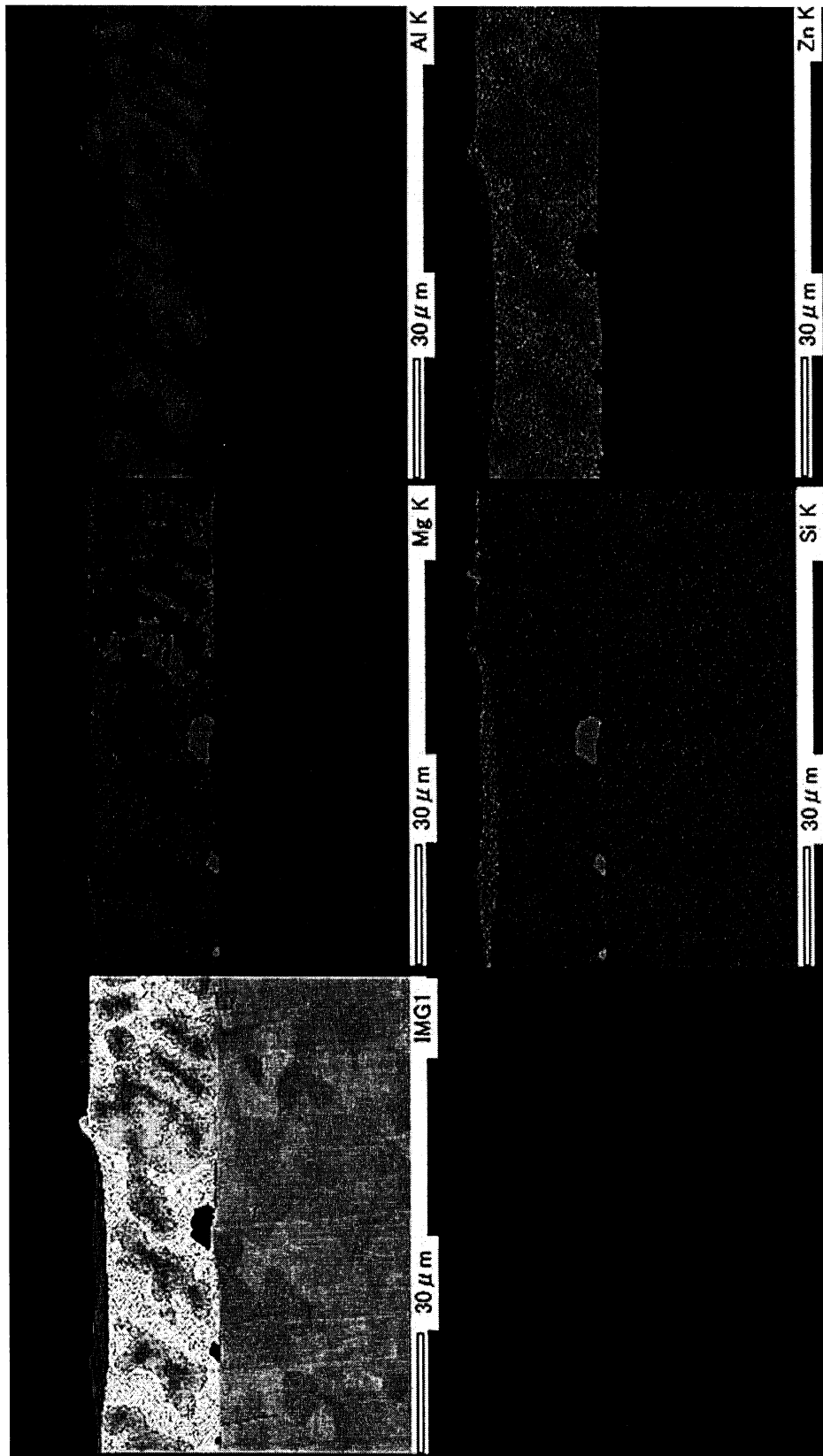
[Fig. 5A]



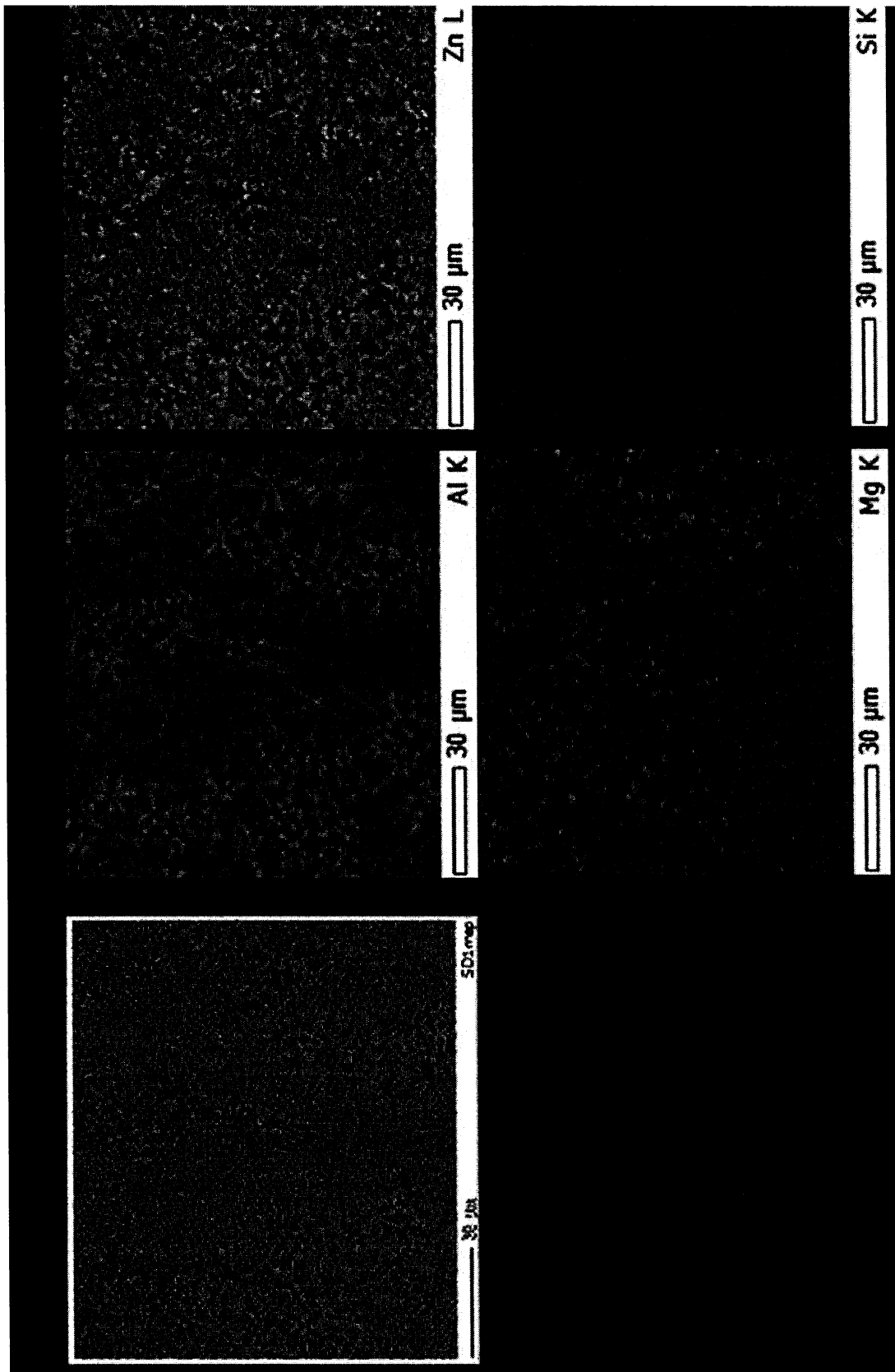
[Fig. 5B]



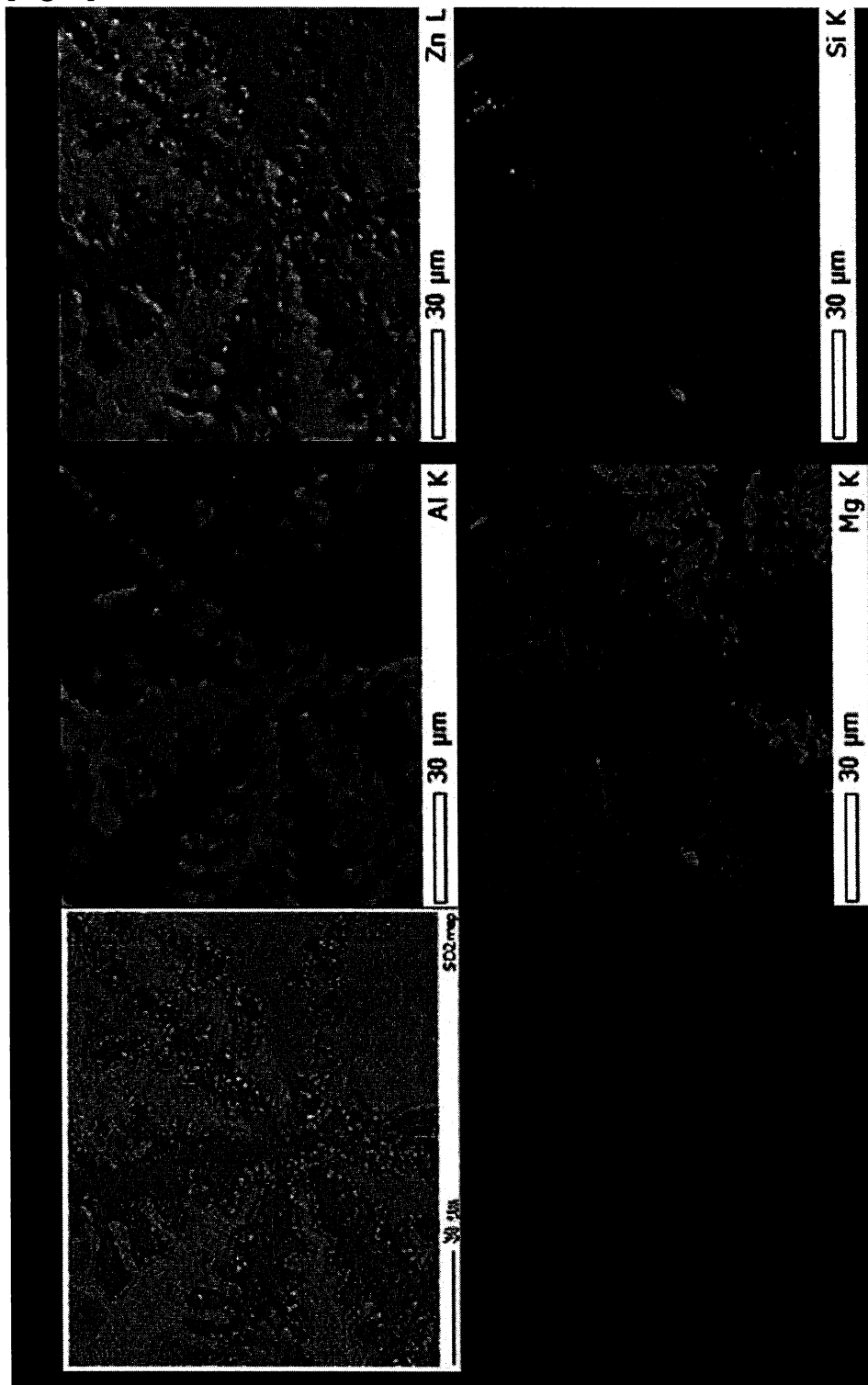
[Fig. 6]



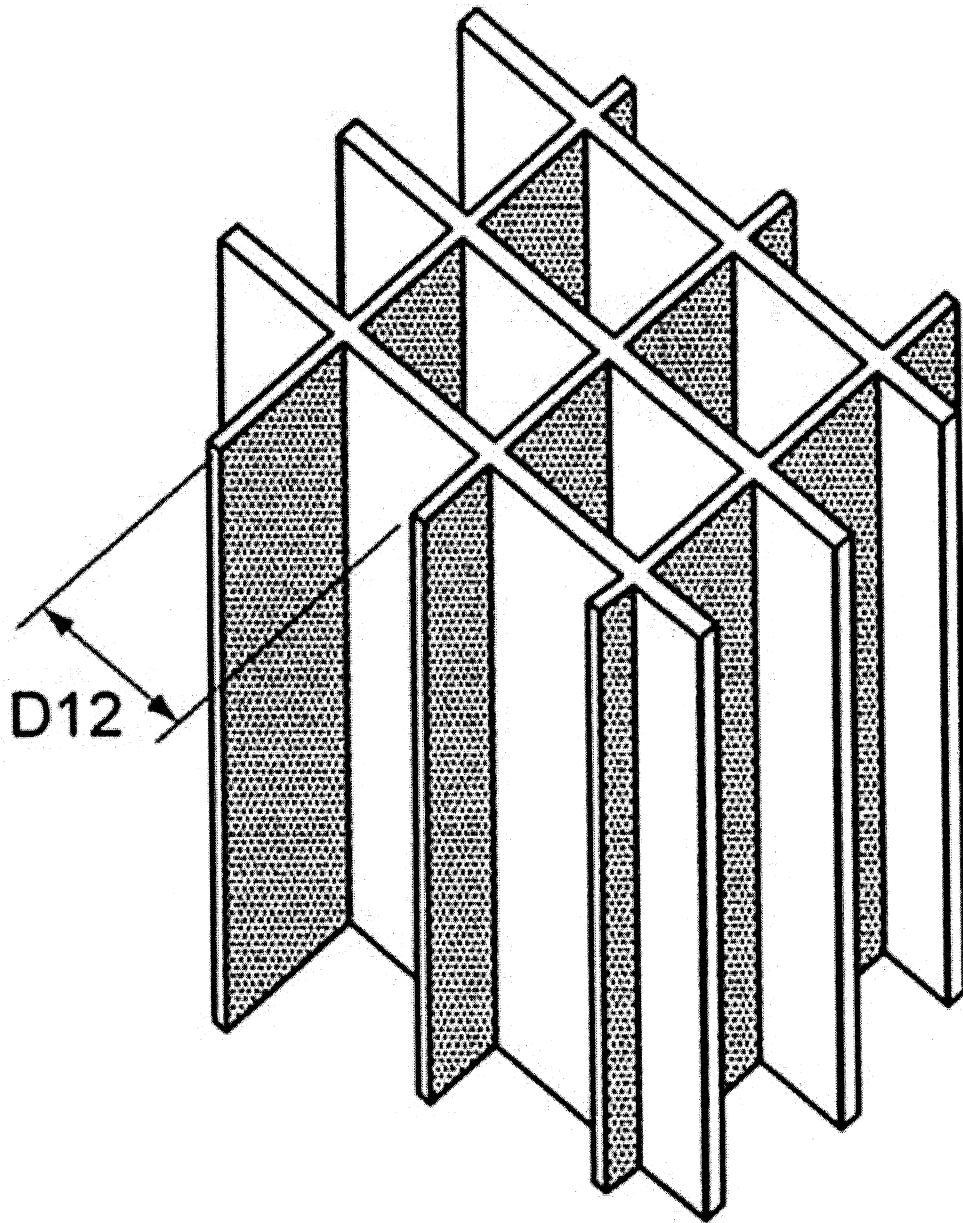
[Fig. 7]



[Fig. 8]



[Fig. 9A]



[Fig. 9B]

