(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) **1-0031283**

(51)[7] **B32B 15/01**; B05D 3/04; B32B 15/18; C23C 30/00; C23C 2/02; C23C 2/04; C23C 2/06; C23C 28/02; B05D 1/18; B32B 15/20

(13) **B**

(21) 1-2012-01532
(22) 17/02/2011
(86) PCT/JP2011/053426 17/02/2011
(87) WO/2011/102434 25/08/2011
(30) 2010-033502 18/02/2010 JP
(45) 25/03/2022 408
(43) 25/01/2013 298A

(73) 1. Nippon Steel Coated Sheet Corporation (JP)
1-5-6, Nihombashi-homchou, Chuou-ku, Tokyo 1030023, Japan
2. NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008071, Japan

(72) Shiro FUJII (JP); Yoshikazu YAMANAKA (JP); Nobuki SHIRAGAKI (JP); Hiroshi KANAI (JP); Nobuyuki SHIMODA (JP); Yasuhide MORIMOTO (JP); Yoshihiro SUEMUNE (JP); Tooru OOHASHI (JP).

(74) Công ty TNHH T&T INVENMARK Sở hữu trí tuệ Quốc tế (T&T INVENMARK CO., LTD.)

(54) THÉP ĐƯỢC NHÚNG NÓNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến thép được nhúng nóng có độ bền chống ăn mòn và khả năng tạo hình tốt, và có hình dạng bên ngoài của lớp mạ tốt. Thép được nhúng nóng theo sáng chế bao gồm nền thép có lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm được tạo ra trên đó. Lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm chứa Al, Zn, Si và Mg làm các nguyên tố thành phần của nó và hàm lượng Mg nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% trọng lượng. Lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm chứa từ 0,2% đến 15% thể tích pha Si-Mg, và tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg là 3% hoặc cao hơn.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến thép được nhúng nóng và phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Thép mạ Zn-Al được nhúng nóng thường được sử dụng rộng rãi trong các ứng dụng như vật liệu xây dựng, vật liệu trong ngành ô tô và vật liệu cho các dụng cụ trong gia đình. Cụ thể là, vì thép tấm được mạ hợp kim kẽm-nhôm (25% đến 27% trọng lượng) cao, ví dụ như thép tấm được mạ hợp kim kẽm-nhôm 55% (thép tấm Galvalume™), có độ bền chống ăn mòn tốt hơn so với thép tấm được nhúng nóng thông thường nên nhu cầu về nó tiếp tục gia tăng. Ngoài ra, để đáp lại nhu cầu hiện đang gia tăng đối với việc cải thiện hơn nữa độ bền chống ăn mòn và tính dễ gia công của vật liệu xây dựng, độ bền chống ăn mòn của thép trên nền Zn-Al được nhúng nóng đã được cải thiện qua việc bổ sung Mg và các chất tương tự vào lớp mạ (xem các tài liệu patent 1-4).

Tuy nhiên, trong trường hợp thép tấm được mạ hợp kim kẽm-nhôm cao chứa Mg, rất dễ tạo thành các nếp gợn sóng trên bề mặt của lớp mạ dẫn đến vấn đề là hình thức bên ngoài của bề mặt được mạ kém. Hơn nữa, vì các vết lồi nhọn xuất hiện trên bề mặt của lớp mạ do sự gợn sóng này nên trong trường hợp tạo thành lớp xử lý chuyển hóa hóa học bằng cách thực hiện sự chuyển hóa hóa học trên lớp mạ hoặc tạo thành lớp phủ bằng cách phủ vật liệu phủ v.v., độ dày của lớp chuyển

hóa hóa học hoặc lớp phủ dễ dàng trở nên không đồng đều. Do đó, sẽ có vấn đề là việc phủ và công việc tương tự không thể cải thiện một cách thích hợp độ bền chống ăn mòn của thép tấm được mạ.

Ví dụ, tài liệu patent 1 đề cập đến thép tấm được mạ Al-Si-Mg-Zn trên nền Al được nhúng nóng có trên bề mặt của nó lớp mạ được nhúng nóng chứa, theo phần trăm trọng lượng, từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg và từ 2% đến 10% Zn, với phần còn lại bao gồm Al và các tạp chất không thể tránh được. Tài liệu patent 1 đã bộc lộ rằng lớp mạ được nhúng nóng này còn chứa từ 0,002% đến 0,08% Be và từ 0% đến 0,1% Sr, chứa từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg, từ 2% đến 10% Zn, từ 0,003% đến 0,05% Be và từ 0% đến 0,1% Sr, chứa từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg, từ 2% đến 10% Zn, từ 0% đến 0,003% Be và từ 0,07% đến 1,7% Sr, chứa từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg, từ 2% đến 10% Zn, từ 0% đến 0,003% Be và 0,1% đến 1,0% Sr, chứa từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg, từ 2% đến 10% Zn, từ 0,003% đến 0,08% Be và tò 0,1% đến 1,7% Sr, hoặc chứa từ 3% đến 13% Si, từ 2% đến 8% Mg, từ % đến 10% Zn, từ 0,003% đến 0,05% Be và từ 0,1% đến 1,0% Sr.

Theo kỹ thuật được bộc lộ trong tài liệu patent 1 này, mặc dù độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng được nỗ lực cải thiện bằng cách bổ sung Mg vào lớp mạ, nhưng lại dễ tạo ra các nếp gợn sóng trên lớp mạ này do sự bổ sung Mg. Mặc dù tài liệu patent 1 cũng đã bộc lộ rằng việc gợn sóng được hạn chế nhờ ức chế sự oxy hóa của Mg bằng cách bổ sung Sr hoặc Be vào lớp mạ, nhưng sự hạn chế việc gợn sóng này là không đủ.

Các nếp gợn sóng được tạo thành trên lớp mạ theo cách này là rất khó loại bỏ một cách thích hợp thậm chí bằng cách xử lý cán là và cách tương tự, và làm hư hại hình dạng bên ngoài của thép được nhúng nóng.

Tài liệu viện dẫn

Tài liệu patent 1: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số H11-279735

Tài liệu patent 2: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 3718479

Tài liệu patent 3: Công bố đơn quốc tế số WO 2008/025066

Tài liệu patent 4: Công bố đơn yêu cầu cấp patent Nhật Bản số 2007-284718

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Với các vấn đề được nêu trên đây, mục đích của sáng chế là tạo ra thép được nhúng nóng có độ bền chống ăn mòn và tính dễ gia công tốt, và có hình dạng bên ngoài của lớp mạ tốt, và phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng này.

Các tác giả sáng chế đã bàn luận về các yếu tố sau liên quan đến các vấn đề nêu trên. Trong quy trình xử lý mạ nhúng nóng sử dụng bể mạ nhúng nóng chứa Mg, vì Mg dễ bị oxy hóa so với các nguyên tố khác có trong lớp mạ nên Mg phản ứng với oxy trong không khí trên lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng bám vào vật nền thép dẫn đến sự tạo thành các oxit trên nền Mg. Theo sau đó, Mg tập trung trên lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng, và làm gia tăng sự tạo thành màng oxit trên nền Mg (màng bao gồm các oxit kim loại kể cả Mg) trên lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng này. Khi kim loại mạ nhúng nóng nguội và hóa rắn, vì màng oxit trên nền Mg được tạo thành trước khi quá trình hóa rắn bên trong của kim loại mạ nhúng nóng này hoàn thành, nên có sự chênh lệch về độ lỏng giữa lớp

bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng và phần bên trong của nó. Do đó, ngay cả khi phần bên trong của kim loại mạ nhúng nóng này vẫn còn lỏng, thì màng oxit trên nền Mg của lớp bề mặt đã không thể cho phép nó chảy, và sự gợn sóng và sự chảy được cho là xảy ra vì lý do này.

Do đó, các tác giả sáng chế đã thực hiện các nghiên cứu chuyên sâu để hạn chế sự chênh lệch về độ lỏng trong kim loại mạ nhúng nóng trong quy trình xử lý mạ nhúng nóng nêu trên trong khi vẫn đảm bảo độ bền chống ăn mòn và tính dễ gia công của thép được nhúng nóng tốt, từ đó hoàn thiện sáng chế.

Thép được nhúng nóng theo sáng chế bao gồm nền thép có lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm được tạo thành trên bề mặt của nó. Lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm chứa Al, Zn, Si và Mg là các nguyên tố thành phần của nó và hàm lượng Mg nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% trọng lượng. Lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa từ 0,2% đến 15% thể tích pha Si-Mg. Tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng Mg là 3% hoặc cao hơn thế.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm được ưu tiên là bao gồm dưới 60% trọng lượng Mg ở vùng bất kỳ có kích cỡ với đường kính 4mm và độ sâu 50nm trên lớp ngoài cùng của lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm có độ sâu 50nm.

Cụ thể là, bất kỳ vùng có kích cỡ với đường kính 4mm và độ sâu 50nm nào ở vị trí bất kỳ ở lớp ngoài cùng được chọn, trị số trung bình về hàm lượng Mg ở vùng này tốt hơn là dưới 60% trọng lượng.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là lớp mạ hợp kim

nhôm-kẽm còn chứa từ 0,02% đến 1,0% trọng lượng Cr làm nguyên tố thành phần của nó.

Tốt hơn là, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm có lớp ngoài cùng với độ sâu 50nm trong đó chứa Cr với lượng nằm trong khoảng từ 100ppm đến 500ppm trọng lượng.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là lớp hợp kim chứa Al và Cr được xen kẽ giữa lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm và vật nền thép. Lớp hợp kim này có tỷ phần trọng lượng của Cr sao cho tỷ lệ giữa nó và tỷ phần trọng lượng của Cr trong lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm nằm trong khoảng từ 2 đến 5.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm chứa pha Si-Mg ở bề mặt của nó với tỷ lệ diện tích bề mặt là 30% hoặc ít hơn.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm được ưu tiên là chứa từ 25% đến 75% trọng lượng Al, và từ 0,5% đến 10% trọng lượng Si tính theo Al. Tỷ lệ trọng lượng giữa Si và Mg tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm tốt hơn là còn chứa Sr với lượng nằm trong khoảng từ lppm đến 1000ppm trọng lượng.

Trong thép được nhúng nóng theo sáng chế, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm tốt hơn là còn chứa ít nhất một trong số Ti và B với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1% trọng lượng.

Phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế bao gồm các bước:

chuẩn bị bể mạ nhúng nóng có thành phần hợp kim bao gồm:

từ 25% đến 75% trọng lượng Al,

từ 0,1% đến 10% trọng lượng Mg,

từ 0,02% đến 1,0% trọng lượng Cr,

từ 0,5% đến 10% trọng lượng Si, tính theo Al,

từ 1ppm đến 1000ppm trọng lượng Sr,

từ 0,1% đến 1,0% trọng lượng Fe,

phần còn lại là Zn, và

Si được chứa với tỷ lệ trọng lượng nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300 so với Mg;

cho nền thép qua bể mạ nhúng nóng này để kết tủa kim loại mạ nhúng nóng lên bề mặt của nó; và

hóa rắn kim loại mạ nhúng nóng để tạo thành lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm trên bề mặt của vật nền thép.

Trong phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là bể mạ nhúng nóng còn chứa Ca với lượng nằm trong khoảng từ 100ppm đến 5000ppm trọng lượng.

Trong phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là bể mạ nhúng nóng còn chứa ít nhất một trong số Ti và B với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1% trọng lượng.

Trong phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế, bể mạ nhúng nóng được giữ ở nhiệt độ không cao hơn quá 40°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của thành phần hợp kim.

Trong phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế, tốt hơn là vật nền thép được chuyển từ bể mạ nhúng nóng vào môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp, sau đó quy trình làm sạch bằng khí được thực hiện để điều chỉnh lượng kim loại mạ nhúng nóng lắng trên vật nền thép trong môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp trước khi kim loại mạ nhúng nóng được hóa rắn.

Tốt hơn là phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo sáng chế bao gồm bước giữ vật nền thép được phủ bằng lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm, ở nhiệt độ giữ t (°C) trong khoảng thời gian giữ y (giờ) được xác định bằng công thức (1) sau đây:

$$5{,}0 \times 10^{22} \times t^{-10{,}0} \leq y \leq 7{,}0 \times 10^{24} \times t^{-10{,}0} \qquad (1)$$

(trong đó $150 \leq t \leq 250$)

Theo sáng chế, thép được nhúng nóng thu được chứng minh độ bền chống ăn mòn tốt và hình dạng bên ngoài đối với bề mặt của lớp mạ tốt bằng cách hạn chế sự tạo thành các nếp gợn sóng trên đó.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

FIG.1 là biểu đồ thể hiện ví dụ về thiết bị mạ nhúng nóng theo một phương án của sáng chế;

FIG.2 là biểu đồ một phần thể hiện ví dụ khác về thiết bị mạ nhúng nóng;

FIG.3 là biểu đồ thể hiện ví dụ về thiết bị gia nhiệt và thùng cách ly được sử dụng để xử lý hóa già vượt mức theo một phương án của sáng chế;

FIG.4(a) là hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh bề mặt cắt ngang của tấm thép được nhúng nóng thu được theo ví dụ 5 qua kính hiển vi điện tử, và FIG.4(b) là biểu đồ thể hiện kết quả của phép phân tích nguyên tố của pha Si-Mg trong ví dụ 5;

FIG.5(a) là biểu đồ thể hiện kết quả của việc phân tích hướng của độ sâu lớp mạ bằng phổ kế phát quang phóng điện phát sáng (glow discharge optical emission spectrometer) đối với ví dụ 5, và FIG.5(b) thể hiện kết quả đối với ví dụ 44;

FIG.6 là hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh bề mặt của lớp mạ của thép tấm được nhúng nóng thu được theo ví dụ 5 qua kính hiển vi điện tử;

FIG.7(a) thể hiện ảnh của hình dạng bên ngoài của lớp mạ đối với ví dụ 5, và FIG.7(b) thể hiện ảnh của hình dạng bên ngoài của lớp mạ đối với ví dụ 9;

FIG.8(a) thể hiện ảnh thu được qua kính hiển vi quang học của hình dạng bên ngoài của lớp mạ đối với ví dụ 56, và FIG.8(b) thể hiện ảnh thu được qua kính hiển vi quang học của hình dạng bên ngoài của lớp mạ đối với ví dụ 5;

FIG.9 thể hiện ảnh của hình dạng bên ngoài của lớp mạ đối với ví dụ 44; và

FIG.10 là biểu đồ thể hiện kết quả của đánh giá việc xử lý hóa già vượt mức đối với thép tấm được nhúng nóng theo ví dụ 5.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sau đây các phương án của sáng chế được mô tả.

[Thép được nhúng nóng]

Thép được nhúng nóng theo phương án này thu được bằng cách tạo thành lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm (được nêu như là lớp mạ) trên bề mặt của vật nền thép 1. Ví dụ về vật nền thép 1 bao gồm nhiều loại như thép tấm mỏng, thép tấm dày, thép làm khuôn dập, ống thép hoặc dây thép. Nói cách khác, không có giới hạn đặc biệt về dạng vật nền thép 1. Lớp mạ được tạo thành bằng cách xử lý nhúng nóng.

Lớp mạ chứa Al, Zn, Si và Mg là các nguyên tố thành phần của nó. Hàm lượng Mg của lớp mạ này nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% trọng lượng. Do đó, ngoài độ bền chống ăn mòn của bề mặt của lớp mạ được cải thiện nhờ Al, nhờ tác dụng bảo vệ sự ăn mòn thay thế của Zn, sự rão mép được hạn chế trên các đầu cắt của thép được nhúng nóng, nhờ đó giúp thép được nhúng nóng có độ bền chống ăn mòn cao. Hơn nữa, sự tạo hợp kim quá mức giữa Al và vật nền thép được hạn chế bằng Si, nhờ đó ngăn ngừa lớp hợp kim (sẽ được mô tả sau đây) xen giữa lớp mạ và vật nền thép làm suy giảm tính dễ gia công của thép được nhúng nóng. Hơn nữa, như là kết quả của lớp mạ chứa Mg, là kim loại ít trơ hơn Zn, tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của lớp mạ này được gia tăng, nhờ đó cải thiện thêm độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng.

Lớp mạ chứa pha Si-Mg với lượng nằm trong khoảng từ 0,2% đến 15% thể tích. Pha Si-Mg là pha bao gồm hợp chất liên kim loại Si và Mg, và được phân tán trong lớp mạ.

Phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ là bằng với diện tích phần trăm của pha Si-Mg ở mặt cắt ngang trong trường hợp cắt lớp mạ theo hướng chiều dày của nó. Pha Si-Mg trong mặt cắt ngang của lớp mạ có thể được xác nhận một cách rõ ràng bằng cách quan sát với kính hiển vi điện tử. Do đó, phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ có thể được đo gián tiếp bằng cách đo diện tích phần trăm của pha Si-Mg ở mặt cắt ngang.

Sự tạo thành nếp gợn sóng ở lớp mạ được hạn chế càng lớn nếu phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ càng lớn. Điều này được cho là do pha Si-Mg kết tủa trong kim loại mạ nhúng nóng trước khi kim loại mạ nhúng nóng hóa rắn hoàn toàn, và pha Si-Mg này hạn chế sự chảy kim loại mạ nhúng nóng trong quy trình mà nhờ đó tạo thành lớp mạ khi kim loại mạ nhúng nóng được làm nguội trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Phần trăm thể tích của pha Si-Mg này tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1% đến 20%, thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 10% và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,4% đến 5%.

Lớp mạ bao gồm pha Si-Mg và pha khác chứa Zn và Al. Pha chứa Zn và Al này chủ yếu bao gồm pha α-Al (cấu trúc hình cây) và pha ơtecti Zn-Al-Mg (cấu trúc hình cây xen kẽ). Pha chứa Zn và Al có thể còn chứa các loại pha khác như pha bao gồm Mg-Zn_2 (pha Mg-Zn_2), pha bao gồm Si (pha Si) hoặc pha bao gồm hợp chất liên kim loại Fe-Al (pha Fe-Al) tương ứng với thành phần cấu tạo của lớp mạ. Pha chứa Zn và Al tạo thành phần lớp mạ còn lại sau khi loại trừ pha Si-Mg. Do đó, phần trăm thể tích của pha chứa Zn và Al này trong lớp mạ

sẽ nằm trong khoảng từ 99,9% đến 60%, tốt hơn là nằm trong khoảng từ 99,9% đến 80%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 99,8% đến 90%, và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 99,6% đến 95%.

Tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ là 1% trọng lượng hoặc cao hơn. Mg không có trong pha Si-Mg được chứa trong pha chứa Zn và Al. Trong pha chứa Zn và Al, Mg được chứa trong, ví dụ, pha α-Al, pha ơtecti Zn-Al-Mg, pha Mg-Zn_2 hoặc màng oxit chứa Mg được tạo thành trên bề mặt mạ. Mg ở trong dung dịch rắn trong pha α-Al trong trường hợp nó được chứa trong pha α-Al.

Tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ có thể tính được bằng cách tính đến pha Si-Mg có thành phần hợp thức Mg_2Si. Hơn nữa, vì tỷ lệ thành phần của Si và Mg trong pha Si-Mg trên thực tế có thể thay đổi nhẹ so với thành phần hợp thức vì có khả năng là pha Si-Mg chứa lượng nhỏ các nguyên tố khác ngoài Si và Mg như Al, Zn, Cr hoặc Fe, nên rất khó để xác định chính xác lượng Mg trong pha Si-Mg nếu các nguyên tố này được tính đến. Do đó, theo sáng chế, khi xác định tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ, thì pha Si-Mg được tính là có thành phần hợp thức Mg_2Si như được nêu trên.

Tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ có thể được tính theo công thức (1) sau đây:

$$R = A/(M \times CMG/100) \times 100 \quad (1)$$

R là tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng trọng lượng

của Mg trong lớp lớp mạ (% trọng lượng), A là hàm lượng Mg có trong pha Si-Mg của lớp mạ trên một đơn vị diện tích bề mặt như được xem xét từ phía trên của lớp mạ (g/m^2), M là trọng lượng của lớp mạ trên một đơn vị diện tích như được xem xét từ phía trên của lớp mạ (g/m^2), và CMG là tổng hàm lượng Mg trong lớp lớp mạ (% trọng lượng).

A có thể tính được theo công thức (2) sau đây:

$$A = V_2 \times \rho_2 \times \alpha \qquad (2)$$

V_2 là thể tích của pha Si-Mg ở lớp mạ trên một đơn vị diện tích bề mặt như được xem xét từ phía trên của lớp mạ (m^3/m^2). ρ_2 là tỷ trọng của pha Si-Mg, và giá trị này là $1,94 \times 10^6$ (g/m^3). α là tỷ lệ trọng lượng của Mg có trong pha Si-Mg, và giá trị này là 0,63.

V_2 có thể tính được theo công thức (3) sau đây:

$$V_2 = V_1 \times R_2/100 \qquad (3)$$

V_1 là tổng thể tích của lớp mạ trên một đơn vị diện tích bề mặt như được xem xét từ phía trên của lớp mạ (m^3/m^2), và R_2 là phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ (% thể tích).

V_1 có thể tính được theo công thức (4) sau đây:

$$V_1 = M/\rho_1 \qquad (4)$$

ρ_1 là tỷ trọng của toàn bộ lớp mạ (g/m^3). Giá trị ρ_1 có thể được tính bằng tỷ trọng trung bình trọng lượng của các nguyên tố thành phần trong lớp mạ ở nhiệt độ bình thường dựa trên thành phần cấu tạo của lớp mạ.

Theo sáng chế, Mg trong lớp mạ có trong pha Si-Mg với tỷ lệ cao như đã

nêu. Do đó, lượng Mg có trong lớp bề mặt của lớp mạ giảm, và sự tạo thành màng oxit trên nền Mg ở lớp bề mặt của lớp mạ được hạn chế nhờ đó. Do đó, sự gợn sóng của lớp mạ do màng oxit trên nền Mg được hạn chế. Sự tạo thành các nếp gợn sóng càng được hạn chế nếu phần trăm của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng lượng Mg càng cao. Tốt hơn là giá trị phần trăm này là 5% trọng lượng hoặc cao hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 20% trọng lượng hoặc cao hơn, và đặc biệt tốt hơn là 50% trọng lượng hoặc cao hơn. Không có giới hạn cụ thể về giới hạn trên của giá trị phần trăm của Mg trong pha Si-Mg tính theo tổng lượng Mg, và giá trị phần trăm này có thể là 100% trọng lượng.

Hàm lượng Mg trong vùng bất kỳ có kích cỡ đường kính là 4mm và độ sâu là 50nm ở lớp ngoài cùng của lớp mạ có độ sâu là 50nm tốt hơn là dưới 60% trọng lượng. Hàm lượng Mg trong lớp ngoài cùng này của lớp mạ được đo bằng phương pháp đo phổ phát quang phóng điện phát sáng (glow discharge optical emission spectroscopy: GD-OES).

Sự gợn sóng do màng oxit trên nền Mg càng được hạn chế nếu hàm lượng Mg trong lớp ngoài cùng của lớp mạ càng thấp. Hàm lượng Mg này tốt hơn là dưới 40% trọng lượng, tốt hơn nữa là dưới 20% trọng lượng, và đặc biệt tốt hơn là dưới 10% trọng lượng.

Tốt hơn là, lớp mạ chứa pha Si-Mg ở bề mặt của nó với tỷ lệ diện tích bề mặt là 30% hoặc ít hơn. Nếu pha Si-Mg có trong lớp mạ, thì pha Si-Mg dễ dàng trở nên mỏng và được tạo thành ở dạng lưới trên bề mặt của lớp mạ, và hình dạng bên ngoài của lớp mạ thay đổi nếu tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg này là lớn.

Trong trường hợp sự phân bố của pha Si-Mg trên bề mặt mạ không đều thì sẽ thấy sự khác biệt nhìn được ở hình dạng bên ngoài của lớp mạ. Nước men không đều này tạo thành khuyết điểm của hình dạng bên ngoài được đề cập như là chạy. Nếu lớp mạ chứa pha Si-Mg ở bề mặt của nó với tỷ lệ diện tích bề mặt là 30% hoặc ít hơn thì sự chạy được hạn chế và hình dạng bên ngoài của lớp mạ được cải thiện. Hơn nữa, tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ thấp còn có tác dụng duy trì độ bền chống ăn mòn của lớp mạ trong khoảng thời gian dài. Nếu sự kết tủa của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ được hạn chế thì lượng pha Si-Mg mà kết tủa bên trong lớp mạ tăng tương ứng với nó. Do đó, lượng Mg bên trong lớp mạ tăng thì sẽ dẫn đến tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của Mg trong lớp mạ được chứng minh trong khoảng thời gian dài, và do đó độ bền chống ăn mòn của lớp mạ được duy trì trong khoảng thời gian dài. Để cải thiện hình dạng bên ngoài của lớp mạ và duy trì độ bền chống ăn mòn trong khoảng thời gian dài, lớp mạ chứa pha Si-Mg ở bề mặt của nó với tỷ lệ diện tích bề mặt tốt hơn là 20% hoặc ít hơn, tốt hơn nữa là 10% hoặc ít hơn, và đặc biệt tốt hơn là 5% hoặc ít hơn.

Hàm lượng Mg trong lớp mạ nằm trong khoảng từ 0,1% đến 10% trọng lượng như được nêu trên. Nếu hàm lượng Mg là ít hơn 0,1% trọng lượng thì độ bền chống ăn mòn của lớp mạ không được đảm bảo thích hợp. Nếu hàm lượng này vượt quá 10% trọng lượng thì không chỉ tác dụng cải thiện độ bền chống ăn mòn trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Hàm lượng Mg này tốt hơn nữa là

0,5% trọng lượng hoặc cao hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 1,0% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Mg này tốt hơn là 5,0% trọng lượng hoặc ít hơn, và tốt hơn nữa là 3,0% trọng lượng hoặc ít hơn. Đặc biệt tốt hơn là hàm lượng Mg nằm trong khoảng từ 1,0% đến 3,0% trọng lượng.

Hàm lượng Al trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 25% đến 75% trọng lượng. Nếu hàm lượng Al bằng 25% trọng lượng hoặc cao hơn, thì hàm lượng Zn trong lớp mạ không trở nên quá dư, và độ ăn mòn được đảm bảo một cách thích hợp trên bề mặt của lớp mạ. Nếu hàm lượng Al là 75% trọng lượng hoặc ít hơn thì tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của Zn được chứng minh một cách thích hợp, sự hóa cứng của lớp mạ được hạn chế, và tính dễ gia công uốn của thép được nhúng nóng được gia tăng. Hơn nữa, tốt hơn là hàm lượng Al cũng là 75% trọng lượng hoặc ít hơn xét về mặt hạn chế hơn nữa sự gợn sóng của lớp mạ bằng cách hạn chế độ lỏng của kim loại mạ nhúng nóng tránh trở nên quá thấp trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Hàm lượng Al này đặc biệt tốt hơn là 45% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Al này đặc biệt tốt hơn là 65% trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Al đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 45% trọng lượng đến 65% trọng lượng.

Hàm lượng Si của lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,5% đến 10% trọng lượng tính theo hàm lượng Al. Nếu hàm lượng Si là 0,5% trọng lượng hoặc cao hơn tính theo hàm lượng Al thì việc tạo hợp kim quá mức giữa Al trong lớp mạ và vật nền thép được hạn chế một cách thích hợp. Nếu hàm lượng Si vượt quá 10% trọng lượng tính theo hàm lượng Al thì không chỉ tác dụng của

Si trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2 trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Đặc biệt tốt hơn là hàm lượng Si này bằng 1,0% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Si này đặc biệt tốt hơn là 5,0% trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Si đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1,0% đến 5,0% trọng lượng.

Hơn nữa, tỷ lệ trọng lượng của Si so với Mg trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300. Trong trường hợp này, sự tạo thành pha Si-Mg trong lớp mạ đặc biệt được thúc đẩy và sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ được hạn chế hơn nữa. Tỷ lệ trọng lượng giữa Si và Mg này tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 100:70 đến 100:250 và thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 100:100 đến 100:200.

Tốt hơn là lớp mạ còn chứa Cr làm nguyên tố thành phần. Trong trường hợp này, sự phát triển của pha Si-Mg trong lớp mạ được thúc đẩy bằng Cr, phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ gia tăng, và tỷ lệ của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ gia tăng. Kết quả là, sự tạo nếp sóng của lớp mạ được hạn chế hơn nữa. Hàm lượng Cr trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,02% trọng lượng đến 1,0% trọng lượng. Nếu hàm lượng Cr trong lớp mạ lớn hơn 1,0% trọng lượng thì không chỉ tác dụng nêu trên trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2 trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Hàm lượng Cr này đặc biệt tốt hơn là 0,05% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, đặc biệt tốt hơn là hàm lượng Cr này là 0,5% trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Cr tốt hơn nữa là nằm trong khoảng

từ 0,07% trọng lượng đến 0,2% trọng lượng.

Trong trường hợp lớp mạ chứa Cr, thì tốt hơn là hàm lượng Cr ở lớp ngoài cùng có độ sâu 50nm trong lớp mạ nằm trong khoảng từ 100ppm đến 500ppm trọng lượng. Trong trường hợp này, độ bền chống ăn mòn của lớp mạ được cải thiện hơn nữa. Điều này được cho là do, nếu Cr có trong lớp ngoài cùng, thì màng thụ động được tạo ra trên lớp mạ, và do đó sự hòa tan anôt của lớp mạ được hạn chế. Tốt hơn nữa là, hàm lượng Cr này nằm trong khoảng từ 150ppm đến 450ppm trọng lượng và thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 200ppm đến 400ppm trọng lượng.

Lớp hợp kim chứa Al và Cr tốt hơn là được xen giữa lớp mạ và vật nền thép. Theo sáng chế, lớp hợp kim này được xem như là lớp mà khác với lớp mạ. Lớp hợp kim này có thể còn chứa nhiều nguyên tố kim loại khác như Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn hoặc Sn ngoài Al và Cr làm các nguyên tố thành phần của nó. Nếu lớp hợp kim này có mặt thì sự phát triển của pha Si-Mg trong lớp mạ được thúc đẩy bằng Cr trong lớp hợp kim này, phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ gia tăng, và tỷ lệ của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ gia tăng. Kết quả là, sự gợn sóng và sự chạy của lớp mạ được hạn chế hơn nữa. Cụ thể là, tỷ lệ giữa tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp hợp kim này và tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 2 đến 50. Trong trường hợp này, tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ trở nên thấp hơn do sự phát triển của pha Si-Mg được xúc tiến gần lớp hợp kim trong lớp mạ, nhờ đó hạn chế hơn nữa sự chảy và duy trì độ bền chống ăn

mòn của lớp mạ trong khoảng thời gian dài hơn. Tỷ lệ giữa tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp hợp kim và tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp mạ tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 3 đến 40 và thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 4 đến 25. Lượng Cr trong lớp hợp kim có thể thu được bằng cách đo mặt cắt ngang của lớp mạ sử dụng phổ kế tán sắc năng lượng tia X (energy-dispersive X-ray spectrometer: EDS).

Độ dày của lớp hợp kim này tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05μm đến 5μm. Nếu độ dày này là 0,05μm hoặc cao hơn, thì tác dụng nêu trên của lớp hợp kim được chứng minh một cách hữu hiệu. Nếu độ dày này là 5μm hoặc ít hơn, thì tính dễ gia công của thép được nhúng nóng ít có khả năng bị suy giảm bởi lớp hợp kim.

Nếu lớp mạ chứa Cr thì độ bền chống ăn mòn sau khi uốn và làm biến dạng lớp mạ cũng được cải thiện. Lý do được cho là như được mô tả sau đây. Khi lớp mạ được đem uốn và làm biến dạng, các vết rạn nứt có thể tạo ra trong lớp mạ và màng phủ trên đó. Lúc này, nước và oxy đi vào lớp mạ qua các vết rạn nứt này, do đó trực tiếp làm cho hợp kim trong lớp mạ phơi bày trước các yếu tố ăn mòn. Tuy nhiên, Cr có trong, đặc biệt là, lớp bề mặt của lớp mạ và Cr có trong lớp hợp kim hạn chế các phản ứng ăn mòn của lớp mạ, nhờ đó hạn chế mở rộng sự ăn mòn bắt đầu từ các vết rạn nứt này. Để cải thiện độ bền chống ăn mòn đặc biệt sau khi uốn và làm biến dạng lớp mạ, hàm lượng Cr trong lớp ngoài cùng có độ sâu 50nm trong lớp mạ tốt hơn là 300ppm trọng lượng hoặc cao hơn, và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 200ppm đến 400ppm trọng

lượng. Ngoài ra, để cải thiện độ bền chống ăn mòn đặc biệt sau khi uốn và làm biến dạng lớp mạ, thì tỷ lệ giữa tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp hợp kim và tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp mạ tốt hơn là 20 hoặc cao hơn và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 20 đến 30.

Tốt hơn là lớp mạ còn chứa Sr làm nguyên tố thành phần của nó. Trong trường hợp này, sự tạo thành pha Si-Mg trong lớp mạ còn được thúc đẩy bằng Sr. Hơn nữa, sự tạo thành màng oxit trên nền Mg ở lớp bề mặt của lớp mạ được hạn chế bằng Sr. Điều này được cho là do sự tạo thành màng oxit trên nền Mg được hạn chế vì màng oxit Sr được ưu tiên tạo thành dễ dàng hơn so với màng oxit trên nền Mg. Kết quả là, sự tạo thành các nếp gợn sóng trong lớp mạ được hạn chế hơn nữa. Hàm lượng Sr trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 1ppm đến 1000ppm trọng lượng. Nếu hàm lượng Sr này dưới 1ppm trọng lượng, thì tác dụng nêu trên không còn được chứng minh, trong khi nếu hàm lượng Sr này vượt quá 1000ppm trọng lượng, thì không những tác dụng của Sr trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2 trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng. Hàm lượng Sr này đặc biệt tốt hơn là 5ppm trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Sr này đặc biệt tốt hơn là 500ppm trọng lượng hoặc ít hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 300ppm trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Sr tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 20ppm đến 50ppm trọng lượng.

Lớp mạ tốt hơn là còn chứa Fe làm nguyên tố thành phần của nó. Trong trường hợp này, sự tạo thành pha Si-Mg trong lớp mạ còn được thúc đẩy bằng

Fe. Hơn nữa, Fe còn góp phần làm gia tăng độ mịn của vi cấu trúc và cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ, nhờ đó cải thiện hình dạng bên ngoài và tính dễ gia công của lớp mạ. Hàm lượng Fe trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,6% trọng lượng. Nếu hàm lượng Fe này dưới 0,1% trọng lượng thì vi cấu trúc và cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ trở nên thô, do vậy làm suy giảm hình dạng bên ngoài của lớp mạ trong khi còn dẫn đến tính dễ gia công kém. Nếu hàm lượng Fe vượt quá 0,6% trọng lượng thì cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ trở nên quá mịn hoặc biến mất, do vậy loại bỏ cải thiện bất kỳ về hình dạng bên ngoài có thể quy cho là do cấu trúc vảy kim loại trong khi đó còn tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo thành xỉ trong bể mạ nhúng nóng 2 trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng, do đó còn làm suy giảm hình dạng bên ngoài của lớp mạ. Hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là 0,2% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là 0,5% trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 0,5% trọng lượng.

Lớp mạ có thể còn chứa các nguyên tố được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ, Sc, Y, các nguyên tố họ lantanoit, Ti và B làm nguyên tố thành phần của nó.

Các nguyên tố kim loại kiềm thổ (Be, Ca, Ba và Ra), Sc, Y và các nguyên tố họ lantanoit (như La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm và Eu) chứng minh tác dụng giống như tác dụng của Sr. Tổng hàm lượng của các thành phần này trong lớp mạ theo tỷ lệ trọng lượng tốt hơn là 1,0% trọng lượng hoặc ít hơn.

Nếu ít nhất một trong số Ti và B có trong lớp mạ thì cấu trúc vảy kim loại gia tăng về độ mịn do độ mịn được gia tăng của pha α-Al (cấu trúc hình cây) của lớp mạ, do vậy cho phép cấu trúc vảy kim loại cải thiện hình dạng bên ngoài của lớp mạ. Hơn nữa, sự tạo thành các nếp gợn sóng trong lớp mạ còn được hạn chế bằng sự có mặt của ít nhất một trong số Ti và B. Điều này được cho là do tác dụng Ti và B còn làm gia tăng độ mịn của pha Si-Mg, và độ mịn được gia tăng của pha Mg-Si này hạn chế một cách hữu hiệu sự chảy của kim loại mạ nhúng nóng trong quy trình mà nhờ đó kim loại mạ nhúng nóng hóa rắn và tạo thành lớp mạ. Hơn nữa, sự tập trung ứng suất ở lớp mạ trong quá trình uốn được làm giảm bớt bằng độ mịn được gia tăng của cấu trúc mạ này, do vậy hạn chế sự tạo thành các vết rạn nứt lớn và còn cải thiện tính dễ gia công uốn của lớp mạ. Để chứng minh tác dụng này, tổng hàm lượng của Ti và B trong bể mạ nhúng nóng 2 theo tỷ lệ trọng lượng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1% trọng lượng. Tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là 0,001% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là 0,05% trọng lượng hoặc ít hơn. Tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,05% trọng lượng.

Zn tính cho phần còn lại của tất cả các nguyên tố thành phần của lớp mạ sau khi loại trừ các nguyên tố thành phần ngoài Zn.

Tốt hơn là lớp mạ không chứa các nguyên tố khác ngoài các nguyên tố nêu trên làm các nguyên tố thành phần của nó. Cụ thể là, lớp mạ tốt hơn là chỉ chứa Al, Zn, Si, Mg, Cr, Sr và Fe làm các nguyên tố thành phần, hoặc tốt hơn là

chỉ chứa Al, Zn, Si, Mg, Cr, Sr và Fe, cũng như các nguyên tố được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ, Sc, Y, các nguyên tố họ lantanoit, Ti và B, làm các nguyên tố thành phần của nó.

Tuy nhiên, mặc dù không đề cập nhưng lớp mạ vẫn có thể còn chứa các tạp chất không thể tránh được như Pb, Cd, Cu hoặc Mn. Hàm lượng của các tạp chất không thể tránh được này tốt hơn là càng thấp càng tốt, và tổng hàm lượng của các tạp chất không thể tránh được này theo tỷ lệ trọng lượng tính theo trọng lượng của lớp mạ tốt hơn là 1% trọng lượng hoặc ít hơn.

[Phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng]

Theo phương án được ưu tiên, bể mạ nhúng nóng được chuẩn bị trong quá trình sản xuất thép được nhúng nóng có thành phần cấu tạo mà trùng khớp với thành phần cấu tạo các nguyên tố thành phần của lớp mạ. Mặc dù lớp hợp kim được tạo thành giữa vật nền thép và lớp mạ nhờ việc xử lý mạ nhúng nóng nhưng sự thay đổi về thành phần cấu tạo do bước xử lý này là nhỏ đủ để bỏ qua.

Theo một phương án của sáng chế, bể mạ nhúng nóng được chuẩn bị để chứa, ví dụ, từ 25% đến 75% trọng lượng Al, từ 0,5% đến 10% trọng lượng Mg, từ 0,02% đến 1,0% trọng lượng Cr, từ 0,5% đến 10% trọng lượng Si tính theo Al, từ 1ppm đến 1000ppm trọng lượng Sr, từ 0,1% đến 1,0% trọng lượng Fe, và Zn. Zn tính cho phần còn lại của tất cả các nguyên tố thành phần của lớp mạ sau khi loại trừ các nguyên tố thành phần khác ngoài Zn. Tỷ lệ trọng lượng của Si đối với Mg trong bể mạ nhúng nóng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300.

Bể mạ nhúng nóng có thể còn chứa thành phần được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ, Sc, Y, các nguyên tố họ lantanoit, Ti và B. Các thành phần này có trong bể mạ nhúng nóng 2 nếu cần. Tổng hàm lượng của các nguyên tố kim loại kiềm thổ (Be, Ca, Ba và Ra), Sc, Y và các nguyên tố họ lantanoit (như La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm và Eu) trong bể mạ nhúng nóng 2 theo tỷ lệ trọng lượng tốt hơn là 1,0% hoặc ít hơn. Trong trường hợp bể mạ nhúng nóng 2 chứa thành phần bao gồm ít nhất một trong số Ti và B, tổng hàm lượng của Ti và B trong bể mạ nhúng nóng 2 theo tỷ lệ trọng lượng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1%.

Bể mạ nhúng nóng tốt hơn là không chứa các thành phần khác ngoài các thành phần nêu trên. Cụ thể là, bể mạ nhúng nóng tốt hơn là chỉ chứa Al, Zn, Si, Mg, Cr, Sr và Fe. Bể mạ nhúng nóng còn tốt hơn nữa là chỉ chứa Al, Zn, Si, Mg, Cr, Sr và Fe cũng như các nguyên tố được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ, Sc, Y, các nguyên tố họ lantanoit, Ti và B.

Ví dụ, trong quá trình chuẩn bị bể mạ nhúng nóng 2, tốt hơn là bể mạ nhúng nóng 2 chứa Al với lượng nằm trong khoảng từ 25% đến 75%, Cr với lượng nằm trong khoảng từ 0,02% đến 1,0%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,5% đến 10% tính theo Al, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,5%, Fe với lượng nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,6% và Sr với lượng nằm trong khoảng từ 1ppm đến 500ppm theo tỷ lệ trọng lượng, hoặc tốt hơn là còn chứa cả các nguyên tố được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ, các nguyên tố họ lantanoit, Ti và B, và phần còn lại tốt hơn là Zn.

Tuy nhiên, mặc dù không được nêu, bể mạ nhúng nóng có thể còn chứa các tạp chất không thể tránh được như Pb, Cd, Cu hoặc Mn. Hàm lượng của các tạp chất không thể tránh được này tốt hơn là càng thấp càng tốt, và tổng hàm lượng của các tạp chất không thể tránh được này tốt hơn là 1% trọng lượng hoặc ít hơn theo tỷ lệ trọng lượng tính theo trọng lượng của bể mạ nhúng nóng.

Khi việc xử lý mạ nhúng nóng được thực hiện trên vật nền thép 1 sử dụng bể mạ nhúng nóng 2 có thành phần cấu tạo nêu trên, ngoài độ bền chống ăn mòn của bề mặt của lớp mạ đặc biệt được cải thiện bằng Al, do tác dụng bảo vệ sự ăn mòn thay thế bằng Zn, sự rão mép đặc biệt được hạn chế trên các đầu cắt của thép được nhúng nóng, nhờ đó giúp thép được nhúng nóng có độ bền chống ăn mòn cao.

Hơn nữa, do lớp mạ chứa Mg là kim loại ít trơ hơn so với Zn, tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của lớp mạ được tăng thêm, do đó cải thiện hơn nữa độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng.

Hơn nữa, lớp mạ được tạo thành bằng cách xử lý mạ nhúng nóng kháng lại sự tạo thành các nếp gợn sóng. Trước đây, khi kim loại nóng chảy (kim loại mạ nhúng nóng) chứa Mg được bám vào vật nền thép 1 bằng cách xử lý mạ nhúng nóng, Mg dễ dàng tập trung trên bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng, do đó dẫn đến sự tạo thành màng oxit trên nền Mg, và các nếp gợn sóng dễ dàng tạo ra trên lớp mạ do màng oxit trên nền Mg này. Tuy nhiên, nếu lớp mạ được tạo thành bằng cách sử dụng bể mạ nhúng nóng 2 có thành phần cấu tạo nêu trên thì nồng độ của Mg ở lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng bám vào vật nền

thép 1 được hạn chế, nhờ đó gây khó khăn cho việc tạo thành các nếp gợn sóng trên bề mặt của lớp mạ ngay cả khi kim loại mạ nhúng nóng chảy. Hơn nữa, vì độ lỏng bên trong kim loại mạ nhúng nóng được giảm nên bản thân sự chảy của kim loại mạ nhúng nóng cũng được hạn chế, và sự tạo thành các nếp gợn sóng còn trở nên khó khăn hơn.

Việc hạn chế nồng độ của Mg và sự chảy của kim loại mạ nhúng nóng như nêu trên được cho là do cơ chế được mô tả sau đây.

Khi kim loại mạ nhúng nóng bám vào bề mặt của vật nền thép 1 được làm nguội và hóa rắn, pha α-Al kết tủa đầu tiên ở dạng các tinh thể sơ cấp sau đó các tinh thể này phát triển thành cấu trúc hình cây. Khi sự hóa rắn của pha α-Al giàu Al này tiến triển theo cách này, nồng độ của Mg và Si trong kim loại mạ nhúng nóng còn lại (tức là các thành phần của kim loại mạ nhúng nóng mà chưa hóa rắn) dần dần gia tăng. Tiếp theo, khi vật nền thép 1 được làm nguội và nhiệt độ của nó giảm hơn nữa, pha chứa Si chứa Si (pha Si-Mg) hóa rắn và kết tủa từ bên trong kim loại mạ nhúng nóng còn lại. Pha Si-Mg này là pha bao gồm hợp kim Mg và Si như đã nêu. Sự kết tủa và phát triển của pha Si-Mg này được thúc đẩy bằng Cr, Fe và Sr. Kết quả là Mg trong kim loại mạ nhúng nóng được kết hợp vào pha Si-Mg này, sự di trú của Mg đến lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng được ngăn chặn, và nồng độ của Mg ở lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng được hạn chế.

Hơn nữa, Sr có trong kim loại mạ nhúng nóng còn góp phần hạn chế nồng độ của Mg. Điều này được cho là do Sr trong kim loại mạ nhúng nóng là nguyên

tố dễ tập trung theo cách thức giống như Mg, do vậy dẫn đến việc Sr cạnh tranh để tạo thành màng oxit trên bề mặt mạ với Mg, và kết quả là hạn chế sự tạo thành màng oxit trên nền Mg.

Hơn nữa, do pha Si-Mg hóa rắn và phát triển trong phần kim loại mạ nhúng nóng còn lại ngoài pha α-Al ở dạng các tinh thể sơ cấp như đã nêu, kim loại mạ nhúng nóng đi vào trạng thái của pha hỗn hợp rắn-lỏng, do đó làm giảm độ lỏng của bản thân kim loại mạ nhúng nóng, và kết quả là, việc tạo thành các nếp gợn sóng trên bề mặt của lớp mạ được hạn chế.

Fe là quan trọng về mặt kiểm soát vi cấu trúc và cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ. Mặc dù lý do để Fe có tác dụng trên cấu trúc của lớp mạ hiện không rõ ràng, nó được cho là do Fe tạo hợp kim với Si trong kim loại mạ nhúng nóng, và hợp kim này đóng vai trò là nhân hóa rắn trong quá trình hóa rắn kim loại mạ nhúng nóng.

Hơn nữa, vì Sr là nguyên tố ít trơ hơn theo cách thức giống như Mg, nên tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của lớp mạ được gia tăng thêm bởi Sr, và độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng được cải thiện thêm. Sr cũng chứng minh tác dụng hạn chế sự tạo hình kim của các trạng thái kết tủa của pha Si và pha Si-Mg, do đó làm cho pha Si và pha Si-Mg trở thành hình cầu và hạn chế sự tạo thành các vết rạn nứt trong lớp mạ.

Lớp hợp kim chứa Al là một phần của nó được tạo thành trong kim loại mạ nhúng nóng giữa lớp mạ và vật nền thép 1 trong quá trình xử lý mạ nhúng nóng. Ví dụ, trong trường hợp việc mạ sơ bộ được mô tả sau đây không được

thực hiện trên vật nền thép 1, lớp hợp kim trên nền Fe-Al được tạo thành chứa chủ yếu là Al trong bể mạ và Fe trong vật nền thép 1. Trong trường hợp việc mạ sơ bộ được mô tả sau đây được thực hiện trên vật nền thép 1, lớp hợp kim được tạo thành chứa Al của bể mạ và tất cả hoặc một phần của các nguyên tố thành phần của việc mạ sơ bộ, hoặc còn chứa Fe trong vật nền thép 1.

Trong trường hợp bể mạ chứa Cr, lớp hợp kim còn chứa Cr ngoài Al. Lớp hợp kim có thể chứa các nguyên tố kim loại khác như Si, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn hoặc Sn ngoài Al và Cr làm các nguyên tố thành phần của nó tương ứng với các yếu tố như thành phần cấu tạo của bể mạ, sự có hoặc không có của việc mạ sơ bộ, hoặc thành phần cấu tạo của vật nền thép 1.

Một phần Cr trong kim loại mạ nhúng nóng có trong lớp hợp kim ở nồng độ cao hơn trong lớp mạ. Khi lớp hợp kim này được tạo thành, sự phát triển của pha Si-Mg trong lớp mạ được thúc đẩy bằng Cr trong lớp hợp kim, điều này ngoài việc gia tăng phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ, còn gia tăng tỷ lệ của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ. Kết quả là, sự gợn sóng của lớp mạ được hạn chế thêm. Hơn nữa, do sự tạo thành lớp hợp kim nên độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng cũng được cải thiện. Cụ thể là, do sự phát triển của pha Si-Mg được thúc đẩy gần lớp hợp kim trong lớp mạ nên tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ giảm, và kết quả là, sự chạy ở lớp mạ được hạn chế và độ bền chống ăn mòn của lớp mạ được duy trì trong khoảng thời gian dài. Cụ thể là, tỷ lệ giữa tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp hợp kim và tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp mạ tốt hơn là nằm

trong khoảng từ 2 đến 50. Tỷ lệ giữa tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp hợp kim và tỷ lệ hàm lượng của Cr trong lớp mạ này tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 3 đến 40 và thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 4 đến 25. Lượng Cr trong lớp hợp kim có thể tính được bằng cách đo mặt cắt ngang của lớp mạ sử dụng phổ kế tán sắc năng lượng tia X (EDS).

Mặc dù tính dễ gia công của thép được nhúng nóng sẽ giảm nếu lớp hợp kim quá dày, nhưng sự phát triển quá mức của lớp hợp kim được hạn chế bởi tác dụng của Si trong bể mạ nhúng nóng 2, và do đó tính dễ gia công của thép được nhúng nóng được đảm bảo tốt. Độ dày của lớp hợp kim tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,05μm đến 5μm. Nếu độ dày của lớp hợp kim nằm trong khoảng này thì độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng được cải thiện một cách thỏa đáng và tính dễ gia công cũng được cải thiện một cách thỏa đáng.

Hơn nữa, độ bền chống ăn mòn của lớp mạ còn được cải thiện cùng với nồng độ của Cr gần bề mặt của nó được duy trì trong khoảng cố định trong lớp mạ. Mặc dù lý do cho điều này là chưa rõ ràng nhưng giả định rằng điều này là kết quả của việc tạo thành màng oxit phức hợp gần bề mặt của lớp mạ do Cr liên kết với oxy. Để cải thiện độ bền chống ăn mòn của lớp mạ theo cách thức này thì hàm lượng của Cr trong lớp ngoài cùng có độ sâu 50nm trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100ppm trọng lượng đến 500ppm trọng lượng.

Nếu bể mạ nhúng nóng chứa Cr thì độ bền chống ăn mòn cũng được cải thiện sau khi uốn và làm biến dạng lớp mạ. Lý do cho điều này được cho là như được mô tả dưới đây. Khi lớp mạ được đem uốn và làm biến dạng, các vết rạn

nứt có thể tạo thành ở lớp mạ và màng phủ trên đó. Lúc này, nước và oxy đi vào lớp mạ qua các vết rạn nứt này, do đó trực tiếp làm cho hợp kim trong lớp mạ phơi bày trước các yếu tố ăn mòn. Tuy nhiên, Cr có trong, đặc biệt là, lớp bề mặt của lớp mạ và Cr có trong lớp hợp kim hạn chế các phản ứng ăn mòn của lớp mạ, nhờ đó hạn chế mở rộng sự ăn mòn bắt đầu từ các vết rạn nứt này.

Kim loại mạ nhúng nóng được xử lý trong các phương án được ưu tiên nêu trên là kim loại nóng chảy nhiều thành phần chứa bảy hoặc nhiều hơn các nguyên tố thành phần, và mặc dù quy trình hóa rắn của nó là cực kỳ phức tạp và khó đoán trước về mặt lý thuyết nhưng các tác giả sáng chế đã có được các phát hiện nêu trên qua các quan sát thực nghiệm v.v.

Do thành phần cấu tạo của bể mạ nhúng nóng 2 được điều chỉnh theo cách nêu trên nên sự gợn sóng và sự chạy ở lớp mạ có thể được hạn chế như đã nêu, và độ bền chống ăn mòn và tính dễ gia công của thép được nhúng nóng có thể được đảm bảo.

Nếu hàm lượng Al trong bể mạ nhúng nóng 2 này dưới 25% thì hàm lượng Zn trong lớp mạ sẽ trở nên quá nhiều và độ bền chống ăn mòn trên bề mặt của lớp mạ trở nên không thỏa đáng, đồng thời nếu hàm lượng Al vượt quá 75% thì tác dụng ngăn ngừa sự ăn mòn thay thế của Zn giảm, lớp mạ trở nên cứng, và tính dễ gia công uốn của thép tấm được nhúng nóng giảm. Nếu hàm lượng Al vượt quá 75% thì độ lỏng của kim loại mạ nhúng nóng gia tăng dẫn đến nguy cơ gây ra sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ. Hàm lượng Al đặc biệt tốt hơn là 45% hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Al đặc biệt tốt hơn là 65% hoặc ít hơn.

Hàm lượng Al đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 45% đến 65%.

Nếu hàm lượng Cr trong bể mạ nhúng nóng 2 dưới 0,02%, thì ngoài việc khó khăn để đảm bảo một cách thỏa đáng độ bền chống ăn mòn của lớp mạ, còn có khó khăn trong việc hạn chế một cách thỏa đáng sự gợn sóng và sự chạy của lớp mạ, đồng thời nếu hàm lượng Cr vượt quá 1,0% thì không chỉ tác dụng cải thiện độ bền chống ăn mòn của lớp mạ trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2. Hàm lượng Cr này đặc biệt tốt hơn là 0,05% hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Cr này đặc biệt tốt hơn là 0,5% hoặc ít hơn. Tốt hơn là hàm lượng Cr nằm trong khoảng từ 0,07% đến 0,2%.

Tác dụng nêu trên không còn được chứng minh nếu hàm lượng Si trong bể mạ nhúng nóng 2 tính theo Al là dưới 0,5%, và nếu hàm lượng này vượt quá 10% thì không chỉ tác dụng của Si trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2. Hàm lượng Si này đặc biệt tốt hơn là 1,0% hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Si này đặc biệt tốt hơn là 5,0% hoặc ít hơn. Tốt hơn nữa là hàm lượng Si này nằm trong khoảng từ 1,0% đến 5,0%.

Nếu hàm lượng Mg trong bể mạ nhúng nóng 2 dưới 0,1% thì độ bền chống ăn mòn của lớp mạ không được đảm bảo một cách thỏa đáng, đồng thời nếu hàm lượng này vượt quá 10% thì không chỉ tác dụng cải thiện độ bền chống ăn mòn trở nên bão hòa mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2. Hàm lượng Mg này tốt hơn nữa là 0,5% hoặc cao hơn và thậm chí tốt hơn nữa là 1,0% hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Mg này đặc biệt tốt hơn là 5,0% hoặc ít hơn và tốt hơn nữa là 3,0% hoặc ít hơn. Hàm lượng Mg đặc biệt tốt hơn là

nằm trong khoảng từ 1,0% đến 3,0%.

Nếu hàm lượng Fe trong bể mạ nhúng nóng 2 dưới 0,1%, thì vi cấu trúc và cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ trở nên thô, cùng với việc suy giảm hình dạng bên ngoài của lớp mạ, đồng thời còn dẫn đến nguy cơ làm giảm tính dễ gia công, trong khi đó nếu hàm lượng Fe vượt quá 0,6%, thì cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ trở nên quá mịn hoặc biến mất, do vậy loại bỏ cải thiện bất kỳ về hình dạng bên ngoài có thể quy cho là do của cấu trúc vảy kim loại trong khi đó còn tạo điều kiện thuận lợi cho việc tạo thành xỉ trong bể mạ nhúng nóng 2. Hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là 0,2% trọng lượng hoặc cao hơn. Ngoài ra, hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là 0,5% trọng lượng hoặc ít hơn. Hàm lượng Fe này đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 0,5% trọng lượng.

Nếu hàm lượng Sr trong bể mạ nhúng nóng 2 dưới 1ppm thì tác dụng nêu trên không còn được chứng minh, đồng thời nếu hàm lượng này vượt quá 500ppm, thì không chỉ tác dụng của Sr trở nên bão hòa, mà xỉ còn dễ dàng tạo ra trong bể mạ nhúng nóng 2. Hàm lượng Sr đặc biệt tốt hơn là 5ppm hoặc cao hơn. Hàm lượng Sr đặc biệt tốt hơn là 300ppm hoặc ít hơn. Tốt hơn nữa là hàm lượng Sr nằm trong khoảng từ 20ppm đến 50ppm.

Trong trường hợp bể mạ nhúng nóng 2 chứa thành phần được chọn từ các nguyên tố kim loại kiềm thổ và các nguyên tố họ lantanoit, thì các nguyên tố kim loại kiềm thổ (Be, Ca, Ba và Ra), Sc, Y và các nguyên tố họ lantanoit (như La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm hoặc Eu) chứng minh tác dụng giống như Sr. Tổng hàm lượng của các thành phần này trong bể mạ nhúng nóng 2 theo tỷ lệ trọng lượng

tốt hơn là 1,0% hoặc ít hơn như đã nêu.

Trong trường hợp bể mạ nhúng nóng 2 chứa cụ thể là Ca thì sự tạo thành xỉ trong bể mạ nhúng nóng được hạn chế một cách đáng kể. Trong trường hợp bể mạ nhúng nóng chứa Mg thì mặc dù khó tránh khỏi sự tạo thành xỉ ở mức độ nhất định ngay cả khi hàm lượng Mg là 10% trọng lượng hoặc ít hơn, và cần thiết phải loại bỏ xỉ ra khỏi bể mạ để đảm bảo hình dạng bên ngoài tốt của thép được nhúng nóng, nếu Ca cũng có trong bể mạ nhúng nóng, thì sự tạo thành xỉ mà có thể quy cho Mg được hạn chế một cách đáng kể. Kết quả là, ngoài việc hạn chế hơn nữa sự suy giảm hình dạng bên ngoài của thép được nhúng nóng bởi xỉ, vấn đề đi kèm với việc phải loại bỏ xỉ ra khỏi bể mạ nhúng nóng được giảm bớt. Hàm lượng Ca trong bể mạ nhúng nóng 2 tốt hơn là nằm trong khoảng từ 100ppm đến 5000ppm trọng lượng. Nếu hàm lượng này là 100ppm trọng lượng hoặc cao hơn thì sự tạo thành xỉ trong bể mạ nhúng nóng được hạn chế một cách hữu hiệu. Nếu hàm lượng Ca quá nhiều thì có nguy cơ Ca làm cho xỉ tạo thành, bằng cách làm cho hàm lượng Ca là 500ppm trọng lượng hoặc ít hơn, thì sự tạo thành xỉ được quy cho là do Ca được hạn chế. Hàm lượng Ca tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 200ppm đến 1000ppm trọng lượng.

Nếu ít nhất một trong số Ti và B có trong bể mạ nhúng nóng 2 thì cấu trúc vảy kim loại của lớp mạ sẽ có độ mịn gia tăng do độ mịn gia tăng của pha α-Al (cấu trúc hình cây) của lớp mạ, do vậy cho phép cấu trúc vảy kim loại cải thiện hình dạng bên ngoài của lớp mạ. Hơn nữa, sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ được hạn chế thêm. Điều này được cho là do tác dụng của Ti và B còn làm

gia tăng độ mịn của pha Si-Mg, và độ mịn của pha Si-Mg được gia tăng này hạn chế một cách hữu hiệu sự chảy của kim loại mạ nhúng nóng trong quy trình mà nhờ đó kim loại mạ nhúng nóng hóa rắn và tạo thành lớp mạ. Hơn nữa, sự tập trung ứng suất ở lớp mạ trong quá trình uốn được làm giảm bớt bằng độ mịn được gia tăng của cấu trúc mạ này, do vậy hạn chế sự tạo thành các vết rạn nứt lớn và còn cải thiện tính dễ gia công uốn của lớp mạ. Để chứng minh tác dụng này, tổng hàm lượng của Ti và B trong bể mạ nhúng nóng 2 theo tỷ lệ trọng lượng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1%. Tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là 0,001% hoặc cao hơn. Tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là 0,05% hoặc ít hơn. Tổng hàm lượng của Ti và B đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,001% đến 0,05%.

Lớp mạ được tạo thành bằng cách xử lý mạ nhúng nóng sử dụng bể mạ nhúng nóng 2 này. Trong lớp mạ này, nồng độ của Mg ở lớp bề mặt được hạn chế như đã nêu. Kết quả là, hàm lượng Mg ở vùng bất kỳ có kích cỡ đường kính 4mm và độ sâu 50nm ở lớp ngoài cùng của lớp mạ có độ sâu 50nm tốt hơn là dưới 60% trọng lượng. Trong trường hợp này, lượng màng oxit trên nền Mg ở lớp ngoài cùng của lớp mạ trở nên đặc biệt thấp, và sự gợn sóng do màng oxit trên nền Mg này được hạn chế thêm. Sự gợn sóng do màng oxit trên nền Mg càng được hạn chế nếu hàm lượng Mg trong lớp ngoài cùng càng thấp. Tốt hơn là hàm lượng Mg này dưới 40% trọng lượng, thậm chí tốt hơn nữa là dưới 20% trọng lượng, và đặc biệt tốt hơn là dưới 10% trọng lượng. Tốt hơn là không có phần bất kỳ ở lớp ngoài cùng của lớp mạ có độ sâu 50nm mà tại đó hàm lượng

Mg là 60% trọng lượng hoặc cao hơn, tốt hơn nữa là không có phần bất kỳ mà tại đó hàm lượng Mg là 40% trọng lượng hoặc cao hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là không có phần bất kỳ mà tại đó hàm lượng Mg là 20% trọng lượng hoặc cao hơn.

Phần sau đây mô tả ý nghĩa vật lý của hàm lượng Mg. Hàm lượng Mg trong MgO oxit có thành phần hợp thức là khoảng 60% trọng lượng. Cụ thể là, hàm lượng Mg dưới 60% trọng lượng có nghĩa là MgO có thành phần hợp thức (màng oxit chỉ bao gồm MgO) không có mặt ở lớp ngoài cùng của lớp mạ, hoặc sự tạo thành MgO có thành phần hợp thức này được vô cùng hạn chế. Theo phương án này, do sự hạn chế sự oxy hóa quá mức của Mg trong lớp ngoài cùng của lớp mạ nên sự tạo thành màng oxit chỉ chứa MgO được hạn chế. Các oxit phức hợp chứa lượng nhỏ hoặc lớn các oxit của các nguyên tố khác với Mg như Al, Zn hoặc Sr được tạo thành ở lớp ngoài cùng của lớp mạ, và do đó, hàm lượng Mg trong lớp bề mặt của lớp mạ được cho là giảm tương ứng.

Hàm lượng Mg trong lớp ngoài cùng của lớp mạ có thể được phân tích bằng cách sử dụng phổ kế phát quang phóng điện phát sáng. Trong trường hợp khó thu được các giá trị chính xác để phân tích định lượng nồng độ thì sự không có mặt của màng oxit chỉ chứa MgO ở lớp ngoài cùng của lớp mạ có thể được xác nhận bằng cách so sánh các đường cong nồng độ của mỗi trong số nhiều nguyên tố có trong lớp mạ.

Phần trăm thể tích của pha Si-Mg trong lớp mạ tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,2% đến 15% thể tích. Tốt hơn nữa là phần trăm thể tích của pha

Si-Mg này nằm trong khoảng từ 0,2% đến 10%, thậm chí tốt hơn nữa là nằm trong khoảng từ 0,3% đến 8% và đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,4% đến 5%. Sự có mặt của pha Si-Mg trong lớp mạ theo cách này cho phép Mg được kết hợp một cách thỏa đáng vào pha Si-Mg trong quá trình tạo thành lớp mạ đồng thời còn làm cho sự chảy của kim loại mạ nhúng nóng được hạn chế bằng pha Si-Mg, do đó hạn chế thêm nữa sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ.

Trong thép được nhúng nóng, các vết lồi có chiều cao trên 200μm và độ dốc trên 1,0 tốt hơn là không có mặt trên bề mặt của lớp mạ đặc biệt do sự gợn sóng của bề mặt của lớp mạ được hạn chế theo cách thức nêu trên. Độ dốc được dùng để chỉ giá trị được xác định bằng biểu thức (chiều cao vết lồi (μm))/(chiều rộng đáy vết lồi (μm)). Đáy của vết lồi được dùng để chỉ vị trí nơi vết lồi phân cắt mặt phẳng ảo chứa bề mặt phẳng xung quanh vết lồi. Chiều cao của vết lồi được dùng để chỉ chiều cao từ đáy của vết lồi đến đỉnh của vết lồi. Trong trường hợp độ dốc thấp, hình dạng bên ngoài của bề mặt mạ được cải thiện thêm nữa. Hơn nữa, trong trường hợp lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ được tạo thành trên lớp mạ như được mô tả sau đây, ngoài việc ngăn ngừa không cho các vết lồi xuyên qua lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ, độ dày của lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ còn có thể dễ dàng được làm đồng đều. Kết quả là, ngoài việc cải thiện hình dạng bên ngoài của thép được nhúng nóng mà trên đó lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ được tạo thành, thép được nhúng nóng còn có thể chứng minh độ bền chống ăn mòn và

các tính chất khác tốt hơn nữa nhờ lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ.

Việc điều chỉnh nồng độ Mg, trạng thái của pha Si-Mg, độ dày của lớp hợp kim và độ dốc của các vết lồi trên bề mặt của lớp mạ có thể đạt được bằng cách thực hiện xử lý mạ nhúng nóng trên vật nền thép 1 sử dụng bể mạ nhúng nóng 2 có thành phần cấu tạo nêu trên.

Trong quá trình thực hiện xử lý mạ nhúng nóng, việc xử lý mạ nhúng nóng để tạo thành lớp mạ có thể được thực hiện trên vật nền thép 1 mà trên đó lớp mạ sơ bộ được tạo thành chứa ít nhất một thành phần được chọn từ Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn và Sn. Lớp mạ sơ bộ được tạo thành trên bề mặt của vật nền thép 1 bằng cách thực hiện việc xử lý mạ sơ bộ trên vật nền thép 1 trước khi thực hiện việc xử lý mạ nhúng nóng. Do sự có mặt của lớp mạ sơ bộ này nên khả năng làm ướt giữa vật nền thép 1 và kim loại mạ nhúng nóng trong quá trình xử lý mạ nhúng nóng gia tăng, và sự bám dính giữa vật nền thép 1 và lớp mạ cải thiện.

Mặc dù phụ thuộc vào loại kim loại mà có trong lớp mạ sơ bộ nhưng lớp mạ sơ bộ vẫn góp phần cải thiện hơn nữa hình dạng bên ngoài bề mặt và độ bền chống ăn mòn của lớp mạ. Ví dụ, trong trường hợp lớp mạ sơ bộ được tạo thành chứa Cr thì sự tạo thành lớp hợp kim chứa Cr được thúc đẩy giữa vật nền thép 1 và lớp mạ, do đó cải thiện hơn nữa độ bền chống ăn mòn của thép được nhúng nóng. Ví dụ, trong trường hợp lớp mạ sơ bộ được tạo thành chứa Fe và Ni thì khả năng làm ướt giữa vật nền thép 1 và kim loại mạ nhúng nóng gia tăng, độ dính bám của lớp mạ cải thiện đáng kể, sự kết tủa của pha Si-Mg được thúc đẩy

thêm, và hình dạng bên ngoài của bề mặt của lớp mạ được cải thiện hơn nữa. Việc thúc đẩy sự kết tủa của pha Si-Mg cũng được cho là xảy ra do phản ứng giữa lớp mạ sơ bộ và kim loại mạ nhúng nóng.

Mặc dù không có giới hạn cụ thể về lượng bám vào lớp mạ sơ bộ nhưng lượng bám vào một mặt của vật nền thép 1 tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,1g/m^2 đến 3g/m^2. Nếu lượng bám vào này dưới 0,1g/m^2 thì sẽ khó bao phủ bề mặt của vật nền thép bằng lớp mạ sơ bộ, và tác dụng cải thiện của lớp mạ sơ bộ không được chứng minh một cách thỏa đáng. Ngoài ra, trong trường hợp lượng bám vào vượt quá 3g/m^2 thì tác dụng cải thiện trở nên bão hòa và chi phí sản xuất gia tăng.

Phần sau đây là sự mô tả chung về thiết bị mạ nhúng nóng để thực hiện việc xử lý mạ nhúng nóng trên vật nền thép 1 và mô tả các điều kiện xử lý tối ưu cho việc xử lý mạ nhúng nóng.

Vật nền thép 1 là đích của việc xử lý là vật chất được tạo thành từ thép như thép hợp kim, thép không gỉ, thép niken crom, thép niken crom molybden, thép crom, thép crom molybden hoặc thép mangan. Ví dụ về vật nền thép 1 bao gồm nhiều loại như thép tấm mỏng, thép tấm dày, thép làm khuôn dập, ống thép hoặc dây thép. Nói cách khác, không có giới hạn bất kỳ về dạng vật nền thép 1.

Việc xử lý nung chảy có thể được thực hiện trên vật nền thép 1 trước khi xử lý mạ nhúng nóng. Việc xử lý nung chảy này giúp có thể cải thiện khả năng làm ướt và độ dính bám giữa vật nền thép 1 và bể mạ nhúng nóng 2. Vật nền thép 1 cũng có thể được đem ủ nhiệt và xử lý khử trước khi được nhúng chìm

trong bể mạ nhúng nóng 2 hoặc việc xử lý này có thể được bỏ qua. Việc xử lý mạ sơ bộ cũng có thể được thực hiện trên vật nền thép 1 trước việc xử lý mạ nhúng nóng như đã nêu.

Phần sau đây mô tả quy trình sản xuất thép được nhúng nóng (thép tấm được nhúng nóng) trong trường hợp sử dụng vật nền dạng tấm (thép tấm 1a) đối với vật nền thép 1, cụ thể là trong trường hợp sản xuất thép tấm được nhúng nóng.

Thiết bị mạ nhúng nóng được thể hiện trên FIG.1 được trang bị máy vận chuyển để vận chuyển liên tục thép tấm 1a. Máy vận chuyển này bao gồm bộ cấp liệu 3, tời điện 12 và nhiều con lăn vận chuyển 15. Trong máy vận chuyển này, cuộn 13 của thép tấm dài 1a (cuộn 13 thứ nhất) được giữ bằng bộ cấp liệu 3. Cuộn 13 thứ nhất này được tháo ra bằng bộ cấp liệu 3, và thép tấm 1a được vận chuyển đến tời điện 12 trong khi được đỡ bằng các con lăn vận chuyển 15. Tiếp nữa, thép tấm 1a được cuộn lại bằng tời điện 12 và tời điện 12 này giữ cuộn 14 (cuộn thứ hai 14) của thép tấm 1a.

Trong thiết bị mạ nhúng nóng này, lò nung 4, bộ ủ/làm nguội 5, đầu vòi 6, nồi 7, các vòi phun 9, thiết bị làm nguội 10 và thiết bị cán là/chỉnh sửa hình dạng 11 lần lượt được lắp đặt theo trật tự xuôi dòng theo đường vận chuyển thép tấm 1a được sử dụng bởi máy vận chuyển. Lò nung 4 gia nhiệt thép tấm 1a. Lò nung 4 này bao gồm lò không oxy hóa hoặc các lò tương tự. Bộ ủ/làm nguội 5 ủ nhiệt thép tấm 1a sau đó làm nguội nó. Bộ ủ/làm nguội 5 được kết nối với lò nung 4, và lò ủ được lắp đặt phía xuôi dòng trong khi khu vực làm nguội (bộ

làm nguội) được lắp đặt ở phía xuôi dòng. Môi trường khử được duy trì trong bộ ủ/làm nguội 5. Đầu vòi 6 loại hình ống qua đó thép tấm 1a được vận chuyển, với một đầu của nó được kết nối với bộ ủ/làm nguội 5, và đầu còn lại được đặt trong bể mạ nhúng nóng 2 trong nồi 7. Môi trường khử được duy trì trong đầu vòi 6 theo cách thức giống như trong bộ ủ/làm nguội 5. Nồi 7 là đồ chứa để giữ bể mạ nhúng nóng 2, và con lăn đồng bộ 8 được lắp đặt trong đó. Các vòi phun 9 phun khí vào thép tấm 1a. Các vòi phun 9 được lắp đặt trên nồi 7. Các vòi phun 9 này được lắp đặt ở các vị trí mà cho phép chúng phun khí đến cả hai mặt của thép tấm 1a đã được nhấc lên khỏi nồi 7. Thiết bị làm nguội 10 làm nguội kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm. Ví dụ về thiết bị làm nguội 10 bao gồm bộ làm nguội bằng không khí và bộ làm nguội bằng sương, và thép tấm 1a được làm nguội bằng thiết bị làm nguội 10 này. Thiết bị cán là/chỉnh sửa hình dạng 11 thực hiện việc cán là và chỉnh sửa hình dạng đối với thép tấm 1a có lớp mạ được tạo thành trên đó. Thiết bị cán là/chỉnh sửa hình dạng 11 được trang bị máy cán là phẳng hoặc bộ phận tương tự để thực hiện việc cán là trên thép tấm 1a, và máy nắn phẳng bằng cách kéo hoặc bộ phận tương tự để thực hiện việc chỉnh sửa hình dạng đối với thép tấm 1a sau khi cán là.

Trong trường hợp việc xử lý mạ nhúng nóng sử dụng thiết bị mạ nhúng nóng này, thép tấm 1a được cấp liên tục bằng cuộn tháo thứ nhất từ bộ cấp liệu 3. Sau khi thép tấm 1a này được gia nhiệt trong lò nung 4, nó được vận chuyển đến bộ ủ/làm nguội 5 có môi trường khử, và đồng thời được ủ trong lò ủ, bề mặt của thép tấm 1a được làm sạch bằng cách loại bỏ dầu cán bám vào bề mặt của nó và

loại bỏ màng oxit bất kỳ bằng cách khử, sau đó được làm nguội ở khu vực làm nguội. Tiếp theo, thép tấm 1a đi qua đầu vòi 6 và sau đó đi vào nồi 7 trong khi nó được nhúng chìm trong bể mạ nhúng nóng 2. Do được đỡ bằng con lăn đồng bộ 8 trong nồi 7 nên hướng vận chuyển của thép tấm 1a được thay đổi từ đi xuống thành đi lên sau đó nó được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2. Kết quả là kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a.

Tiếp theo, lượng kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a được điều chỉnh bằng cách phun khí lên cả hai mặt của thép tấm 1a từ các vòi phun 9. Phương pháp điều chỉnh lượng kim loại mạ nhúng nóng bám vào bằng cách phun khí này được gọi là tẩy khí. Lượng kim loại mạ nhúng nóng bám vào tốt hơn là được điều chỉnh để nằm trong khoảng từ 40g/m^2 đến 200g/m^2 trên cả hai mặt của thép tấm 1a kết hợp.

Ví dụ về các loại khí (khí tẩy) được phun lên thép tấm 1a trong bước tẩy khí bao gồm không khí, nitơ, heli và hơi nước. Các khí tẩy này có thể được phun lên thép tấm 1a sau khi được gia nhiệt trước. Theo phương án này, sự oxy hóa bề mặt và nồng độ Mg trong kim loại mạ nhúng nóng (sự oxy hóa và nồng độ Mg trong lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng gia tăng) về cơ bản là được hạn chế bằng cách sử dụng bể mạ nhúng nóng 2 có thành phần cấu tạo đặc biệt. Do đó, ngay cả khi oxy có trong khí tẩy hoặc oxy có trong dòng không khí ngẫu nhiên sinh ra khi phun khí tẩy thì lượng mạ (lượng kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a) vẫn có thể điều chỉnh được mà không suy giảm tác dụng của sáng chế.

Phương pháp được sử dụng để điều chỉnh lượng mạ không chỉ giới hạn ở phương pháp tẩy khí nêu trên mà có thể sử dụng rất nhiều phương pháp để kiểm soát lượng bám vào này. Ví dụ về phương pháp được sử dụng để kiểm soát lượng bám vào ngoài phương pháp tẩy khí bao gồm phương pháp ép trục lăn bao gồm cho thép tấm 1a vào giữa cặp trục lăn được trực tiếp lắp đặt phía trên của bề mặt bể của bể mạ nhúng nóng 2, phương pháp tẩy bao gồm lắp đặt đĩa tẩy gần với thép tấm 1a được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2 và tẩy kim loại mạ nhúng nóng bằng đĩa tẩy này, phương pháp tẩy điện từ bao gồm việc sử dụng lực làm cho kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a được loại bỏ đi xuống bằng cách sử dụng lực điện từ, và phương pháp điều chỉnh bao gồm điều chỉnh lượng mạ bằng cách cho kim loại mạ nhúng nóng di chuyển xuống dưới sử dụng trọng lực tự nhiên thay vì sử dụng lực bên ngoài. Hai hoặc nhiều phương pháp trong số các phương pháp điều chỉnh lượng mạ này có thể được sử dụng kết hợp với nhau.

Tiếp theo, thép tấm 1a được vận chuyển lên trên nữa trên vị trí của các vòi phun 9, và sau đó nó được vận chuyển để quay trở xuống bằng cách được đỡ bởi hai con lăn vận chuyển 15. Nói cách khác, thép tấm 1a được vận chuyển theo đường hình chữ U ngược. Theo đường hình chữ U ngược này, thép tấm 1a được làm nguội bằng cách làm nguội bằng không khí, làm nguội bằng sương hoặc cách làm nguội tương tự trong thiết bị làm nguội 10. Kết quả là, kim loại mạ nhúng nóng bám vào bề mặt của thép tấm 1a được hóa rắn dẫn đến sự tạo thành lớp mạ.

Để đảm bảo sự hóa rắn hoàn toàn của kim loại mạ nhúng nóng do được làm nguội bằng thiết bị làm nguội 10, thép tấm 1a tốt hơn là được làm nguội bằng thiết bị làm nguội 10 sao cho nhiệt độ bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng (hoặc lớp mạ) trên thép tấm 1a là 300°C hoặc thấp hơn. Nhiệt độ bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng được đo bằng, ví dụ, nhiệt kế bức xạ. Để đảm bảo rằng lớp mạ được tạo thành theo cách này, tốc độ làm nguội từ khi thép tấm 1a được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2 đến khi bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng trên thép tấm 1a đạt 300°C tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5°C/giây đến 100°C/giây. Để kiểm soát tốc độ làm nguội của thép tấm 1a, thiết bị làm nguội 10 tốt hơn là được trang bị chức năng kiểm soát nhiệt độ để điều chỉnh nhiệt độ thép tấm 1a dọc theo hướng vận chuyển và hướng chiều rộng của tấm. Thiết bị làm nguội 10 có thể được lắp đặt ở dạng nhiều thiết bị làm nguội dọc theo hướng vận chuyển của thép tấm 1a. Trên FIG.1, các thiết bị làm nguội sơ cấp 101, làm nguội thép tấm 1a, và các thiết bị làm nguội thứ cấp 102 làm nguội thép tấm 1a tại vị trí xuôi dòng từ các thiết bị làm nguội sơ cấp 101, được lắp đặt theo cách mà qua đó thép tấm 1a được vận chuyển ở vị trí phía trên vị trí của các vòi phun 9. Các thiết bị làm nguội sơ cấp 101 và các thiết bị làm nguội thứ cấp 102 cũng có thể được được lắp đặt ở dạng nhiều thiết bị làm nguội. Trong trường hợp này, việc làm nguội có thể được thực hiện bằng cách, ví dụ, làm nguội thép tấm 1a bằng các thiết bị làm nguội sơ cấp 101 cho đến khi nhiệt độ của kim loại mạ nhúng nóng đạt đến nhiệt độ 300°C hoặc thấp hơn, và làm nguội tiếp thép tấm 1a bằng các thiết bị làm nguội thứ cấp 102 sao cho nhiệt độ khi thép tấm 1a được đưa

vào thiết bị cán là/chỉnh sửa hình dạng 11 là 100°C hoặc thấp hơn.

Trong quá trình làm nguội thép tấm 1a, tốc độ làm nguội tại đó bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng được làm nguội khi nhiệt độ bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng trên thép tấm 1a là 500°C hoặc cao hơn tốt hơn là 50°C/giây hoặc ít hơn. Trong trường hợp này, sự kết tủa của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ được đặc biệt hạn chế, do đó hạn chế xảy ra sự chạy. Mặc dù lý do tại sao tốc độ làm nguội ở khoảng nhiệt độ này lại có tác dụng đối với sự kết tủa của pha Si-Mg hiện chưa được hiểu đầy đủ, vì gradien nhiệt độ theo hướng độ dày của kim loại mạ nhúng nóng gia tăng nếu tốc độ làm nguội ở khoảng nhiệt độ này là lớn, và sự kết tủa của lớp Mg-Si được ưu tiên thúc đẩy trên bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng ở nhiệt độ thấp hơn, nên kết quả là lượng kết tủa của pha Si-Mg trên bề mặt ngoài cùng của lớp mạ được cho là gia tăng. Tốc độ làm nguội ở khoảng nhiệt độ này tốt hơn nữa là 40°C/giây hoặc nhỏ hơn và đặc biệt tốt hơn là 35°C/giây hoặc nhỏ hơn.

Việc chỉnh sửa hình dạng được thực hiện sau khi cán là bằng thiết bị cán là/chỉnh sửa hình dạng 11 được thực hiện trên thép tấm được làm nguội 1a. Tỷ lệ suy giảm do cán của bước cán là tốt hơn là nằm trong khoảng từ 0,3% đến 3%. Tỷ lệ giãn của thép tấm 1a do việc chỉnh sửa hình dạng tốt hơn là 3% hoặc thấp hơn.

Tiếp theo, thép tấm 1a được cuộn lại bằng tời điện 12 và cuộn 14 của thép tấm 1a được giữ bằng tời điện 12 này.

Trong quá trình xử lý mạ nhúng nóng này, nhiệt độ của bể mạ nhúng nóng

2 trong nồi 7 tốt hơn là cao hơn nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của bể mạ nhúng nóng 2 và thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ mà cao hơn 40°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn. Nhiệt độ của bể mạ nhúng nóng 2 trong nồi 7 tốt hơn nữa là cao hơn nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của bể mạ nhúng nóng 2 và thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ mà cao hơn 25°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn. Nếu giới hạn trên của nhiệt độ của bể mạ nhúng nóng 2 được hạn chế theo cách này thì thời gian cần thiết từ khi thép tấm 1a được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2 đến khi kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a hóa rắn được rút ngắn. Kết quả là, khoảng thời gian mà kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a ở trạng thái có thể chảy được cũng được rút ngắn, nhờ đó làm cho sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ trở nên khó khăn hơn. Đặc biệt nếu nhiệt độ của bể mạ nhúng nóng 2 thấp hơn hoặc bằng nhiệt độ mà cao hơn 20°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của bể mạ nhúng nóng 2, thì sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ được hạn chế rất lớn.

Khi thép tấm 1a được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2, nó có thể được đưa vào môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp, và việc điều chỉnh lượng kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a bằng cách tẩy khí cũng có thể được thực hiện trong môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp. Để thực hiện việc này, như được thể hiện trên FIG. 2, ví dụ, đường vận chuyển ngược dòng từ bể mạ nhúng nóng 2 của thép tấm 1 được kéo ra từ bể mạ nhúng nóng 2 (đường vận chuyển đi lên phía trên từ bể mạ nhúng nóng 2) tốt hơn là được bao quanh bằng chi tiết rỗng 22, và bên trong chi tiết rỗng 22 này tốt hơn là được nạp khí không oxy hóa hoặc khí oxy hóa thấp như khí nitơ.

Khí không oxy hóa hoặc khí oxy hóa thấp được dùng để chỉ khí có nồng độ oxy thấp hơn không khí. Nồng độ oxy của khí không oxy hóa hoặc khí oxy hóa thấp tốt hơn là 1000ppm hoặc ít hơn. Môi trường trong đó khí không oxy hóa hoặc khí oxy hóa thấp được nạp là môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp, và các phản ứng oxy hóa được hạn chế trong môi trường này. Các vòi phun 9 được lắp đặt bên trong chi tiết rỗng 22 này. Chi tiết rỗng 22 được lắp đặt sao cho bao quanh đường vận chuyển của thép tấm 1 khi nó đi lên phía trên bể mạ nhúng nóng 2 từ trong bể mạ nhúng nóng 2 (phần phía trên của bể mạ nhúng nóng 2). Hơn nữa, khí được phun từ các vòi phun 9 tốt hơn là cũng là khí không oxy hóa hoặc khí oxy hóa thấp như khí nitơ. Trong trường hợp này, vì thép tấm 1a được kéo ra từ bể mạ nhúng nóng 2 được phơi trong môi trường không oxy hóa hoặc oxy hóa thấp nên sự oxy hóa kim loại mạ nhúng nóng bám vào thép tấm 1a được hạn chế, làm cho sự tạo thành màng oxit trên nền Mg trên lớp bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng này trở nên khó khăn. Do đó sự tạo thành các nếp gợn sóng ở lớp mạ được hạn chế hơn nữa. Thay vì sử dụng chi tiết rỗng 22, một phần hoặc tất cả thiết bị mạ nhúng nóng mà chứa đường vận chuyển thép tấm 1a có thể được đặt trong môi trường không oxy hóa hoặc oxy hóa thấp.

Việc xử lý hóa già vượt mức cũng có thể được thực hiện tiếp trên thép tấm 1a sau việc xử lý mạ nhúng nóng. Trong trường hợp này, tính dễ gia công của thép được nhúng nóng được cải thiện thêm. Việc xử lý hóa già vượt mức được thực hiện bằng cách giữ thép tấm 1a trong khoảng nhiệt độ nhất định trong khoảng thời gian nhất định.

FIG. 3 thể hiện thiết bị được sử dụng cho việc xử lý hóa già vượt mức , trong đó FIG. 3(a) thể hiện thiết bị gia nhiệt và FIG. 3(b) thể hiện thùng cách ly 20. Thiết bị gia nhiệt được trang bị máy vận chuyển nhờ đó thép tấm 1a được vận chuyển liên tục sau bước xử lý mạ nhúng nóng. Máy vận chuyển này bao gồm bộ cấp liệu 16, tời điện 17 và nhiều con lăn vận chuyển 21 theo cách thức giống như đối với máy vận chuyển trong thiết bị mạ nhúng nóng. Lò nung 18, như lò nung cảm ứng, được lắp đặt trên đường vận chuyển của thép tấm 1a được vận chuyển bằng máy vận chuyển này. Không có giới hạn đặc biệt về thùng cách ly 20 miễn là nó có thể giữ cuộn 19 của thép tấm 1a bên trong và có đặc tính cách nhiệt. Thùng cách ly 20 cũng có thể là đồ chứa lớn (khoang cách nhiệt).

Trong trường hợp thực hiện việc xử lý hóa già vượt mức đối với thép tấm 1a, cuộn 14 của thép tấm được nhúng nóng 1a đầu tiên được dẫn từ tời điện 12 của thiết bị mạ nhúng nóng bằng cần trục hoặc tải và sau đó được giữ bằng bộ cấp liệu 16 của thiết bị gia nhiệt. Trong thiết bị gia nhiệt, thép tấm 1a liên tục được cấp bằng cách đầu tiên được tháo ra từ bộ cấp liệu 16. Sau khi thép tấm 1a được gia nhiệt đến nhiệt độ thích hợp đối với việc xử lý hóa già vượt mức bằng lò nung 18, nó được cuộn lại bằng tời điện 17, và cuộn 19 của thép tấm 1a được giữ bằng tời điện 17 này.

Tiếp theo, cuộn 19 của thép tấm 1a được dẫn từ tời điện 17 bằng cần trục hoặc tải và được giữ trong thùng cách ly 20. Sau đó việc xử lý hóa già vượt mức được thực hiện đối với thép tấm 1a bằng cách giữ cuộn 19 của thép tấm 1a trong thùng cách ly 20 này trong khoảng thời gian nhất định.

Theo phương án này, vì lớp mạ được tạo thành trên bề mặt của thép tấm 1a chứa Mg và chỉ một lượng nhỏ màng oxit trên nền Mg có mặt trên bề mặt của lớp mạ, ngay cả khi các lớp mạ được xếp chồng trong cuộn thép tấm 1a trong quá trình xử lý hóa già vượt mức, sự kẹt hoặc kết bám cũng khó xảy ra giữa các lớp mạ. Do đó, ngay cả khi khoảng thời gian xử lý hóa già vượt mức khi thép tấm 1a được giữ ở nhiệt độ nhất định là dài, hoặc ngay cả khi nhiệt độ tại đó thép tấm 1a được giữ là cao, thì sự kẹt cũng khó xảy ra và việc xử lý hóa già vượt mức thỏa đáng có thể thực hiện được đối với thép tấm 1a. Kết quả là, tính dễ gia công của thép tấm được nhúng nóng gia tăng đáng kể và hiệu lực của việc xử lý hóa già vượt mức được cải thiện.

Để thực hiện việc xử lý hóa già vượt mức, nhiệt độ của thép tấm 1a sau khi gia nhiệt bằng thiết bị gia nhiệt đặc biệt tốt hơn là nằm trong khoảng từ 180°C đến 220°C, hoặc nói cách khác, thép tấm tốt hơn là đi từ bên ngoài thùng cách ly vào bên trong thùng cách ly ở trạng thái trong đó nhiệt độ của thép tấm 1a là nằm trong khoảng nêu trên. Khoảng thời gian giữ y (giờ) của thép tấm 1a trong thùng cách ly tốt hơn là thỏa mãn công thức (1) sau đây:

$$5{,}0 \times 10^{22} \times t^{-10{,}0} \leq y \leq 7{,}0 \times 10^{24} \times t^{-10{,}0} \qquad (1)$$

(trong đó $150 \leq t \leq 250$)

Trong công thức (1), t(°C) là nhiệt độ (nhiệt độ giữ) của thép tấm 1a trong thời gian giữ y (giờ), và khi có sự biến thiên nhiệt độ ở thép tấm 1a, thì t(°C) là nhiệt độ thấp nhất trong số các biến thiên nhiệt độ.

Hơn nữa, mặc dù thiết bị mạ nhúng nóng và thiết bị gia nhiệt là các thiết

bị riêng rẽ theo phương án của sáng chế nhưng thiết bị mạ nhúng nóng cũng có thể được dùng như là thiết bị gia nhiệt bằng cách lắp đặt lò nung 18 cho thiết bị mạ nhúng nóng. Kiểu dáng của các thiết bị này có thể được cải biến một cách thích hợp bằng cách bổ sung, bỏ bớt hoặc thay thế các chi tiết nếu cần. Mặc dù thiết bị mạ nhúng nóng và thiết bị gia nhiệt theo phương án này là thích hợp trong trường hợp trong đó vật nền thép 1 là thép tấm 1a nhưng cấu hình của thiết bị mạ nhúng nóng, thiết bị gia nhiệt và các thiết bị khác có thể được cải biến một cách thích hợp theo nhiều kiểu dáng tương ứng với dạng và các yếu tố tương tự của vật nền thép 1. Trong trường hợp xử lý mạ sơ bộ được thực hiện đối với vật nền thép 1, việc xử lý mạ sơ bộ này có thể cũng được cải biến theo các cách khác nhau tương ứng với loại, dạng và các yếu tố tương tự của vật nền thép 1.

Lớp xử lý chuyển hóa hóa học cũng có thể được tạo thành bằng cách chồng lên lớp mạ trên vật nền thép 1 mà đã trải qua việc xử lý mạ nhúng nóng hoặc xử lý hóa già vượt mức theo cách này. Lớp phủ bao gồm vật liệu phủ hoặc màng hoặc dạng tương tự có thể được tạo thành trên lớp mạ trên lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc không có lớp xử lý chuyển hóa hóa học xen giữa hai lớp này.

Lớp xử lý chuyển hóa hóa học là lớp được tạo thành bằng cách xử lý chuyển hóa hóa học đã biết. Ví dụ về các chất xử lý để tạo thành lớp xử lý chuyển hóa hóa học (các chất xử lý chuyển hóa hóa học) bao gồm các chất xử lý chứa crom như các chất xử lý cromat, các chất xử lý cromat hóa trị ba, các chất xử lý cromat chứa nhựa và các chất xử lý cromat hóa trị bạ, các chất xử lý trên

nền axit phosphoric như các chất xử lý kẽm phosphat hoặc các chất xử lý sắt phosphat, các chất xử lý oxit chứa các oxit kim loại như các oxit kim loại của coban, niken, vonfram hoặc ziricon ở dạng một mình hoặc ở dạng phức hợp, các chất xử lý chứa các thành phần ức chế ngăn ngừa sự ăn mòn, các chất xử lý kết hợp các thành phần kết dính (như chất kết dính hữu cơ, chất kết dính vô cơ hoặc chất kết dính tổng hợp vô cơ-hữu cơ) và thành phần ức chế, các chất xử lý kết hợp thành phần ức chế và oxit kim loại, các chất xử lý kết hợp thành phần kết dính và sol như sol silic oxit, titan oxit hoặc ziricon oxit, và các chất xử lý còn kết hợp các thành phần trong số các các chất xử lý được liệt kê trên đây.

Ví dụ về các chất xử lý chứa crom bao gồm các chất xử lý được điều chế bằng cách trộn các nhựa acrylic có thể phân tán trong nước và nhựa acrylic dạng nước, các chất liên kết silan có nhóm amino, và các nguồn ion crom như amoni cromat hoặc amoni dicromat. Các nhựa acrylic có thể phân tán trong nước có thể được tạo ra bằng cách đồng trùng hợp các monome chứa carboxyl như axit acrylic với các monome chứa nhóm glyxidyl như glyxidyl acrylat. Lớp xử lý chuyển hóa hóa học được tạo thành từ các chất xử lý chuyển hóa hóa học này có độ chịu nước, độ bền chống ăn mòn và độ chịu kiềm cao, và sự tạo thành gỉ trắng và gỉ đen trên thép được nhúng nóng được hạn chế bằng các lớp xử lý chuyển hóa hóa học này, nhờ đó độ bền chống ăn mòn được cải thiện. Để cải thiện độ bền chống ăn mòn và ngăn ngừa sự đổi màu của lớp xử lý chuyển hóa hóa học, hàm lượng crom trong lớp xử lý chuyển hóa hóa học tốt hơn là nằm trong khoảng từ 5mg/m^2 đến 50mg/m^2.

Ví dụ về các các chất xử lý oxit chứa các oxit của ziricon bao gồm các chất xử lý được điều chế bằng cách trộn nhựa uretan trên nền polyeste dạng nước và nhựa uretan trên nền polyeste có thể phân tán trong nước, các nhựa acrylic có thể phân tán trong nước, các hợp chất ziricon như natri ziricon cacbonat và các amin không tự do. Các nhựa uretan trên nền polyeste có thể phân tán trong nước được tổng hợp, ví dụ, bằng cách cho polyeste polyol phản ứng với isoxyanat được hydro hóa và đồng trùng hợp dimetylol alkyl axit để thực hiện sự tự nhũ hóa. Loại nhựa uretan trên nền polyeste có thể phân tán trong nước này làm cho lớp xử lý chuyển hóa hóa học có độ chịu nước cao mà không sử dụng chất nhũ hóa, và dẫn đến việc cải thiện độ bền chống ăn mòn và độ chịu kiềm của thép được nhúng nóng.

Việc xử lý mạ niken hoặc xử lý mạ coban hoặc các việc xử lý tương tự cũng có thể được thực hiện dưới lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc thay cho việc xử lý chuyển hóa hóa học.

Việc chuẩn bị bề mặt, như làm sạch bằng nước tinh khiết hoặc các loại dung môi hữu cơ khác, hoặc làm sạch bằng dung dịch nước hoặc hoặc các loại dung môi hữu cơ khác tùy ý chứa axit, kiềm và các loại chất tẩy gỉ bóng khác, có thể được thực hiện trên bề mặt của lớp mạ trước khi tạo thành lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ. Nếu bề mặt của lớp mạ được làm sạch theo cách này thì ngay cả khi lượng nhỏ màng oxit trên nền Mg có mặt trên lớp bề mặt của lớp mạ hoặc các mảnh vô cơ hoặc hữu cơ bám vào bề mặt của lớp mạ, thì màng oxit trên nền Mg hoặc các mảnh này cũng được loại bỏ ra khỏi lớp mạ,

nhờ đó có thể cải thiện độ dính bám giữa lớp mạ và lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ.

Phần sau đây mô tả tính hữu dụng của việc chuẩn bị bề mặt bằng cách loại bỏ chủ động màng oxit trên nền Mg ra khỏi lớp mạ. Màng oxit trên nền Mg có tính chất chung là dễ hòa tan khi tiếp xúc với dung dịch nước axit. Ví dụ, khi bề mặt của thép được nhúng nóng được đặt trong trạng thái ẩm có tính axit trong môi trường ăn mòn thì màng oxit trên nền Mg hòa tan và tách ra khỏi bề mặt. Kết quả là, nếu lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ được bám vào màng oxit trên nền Mg trên lớp bề mặt của lớp mạ thì có khả năng là độ dính bám giữa lớp mạ và lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc lớp phủ giảm đi nhiều. Do đó tốt hơn là việc loại bỏ chủ động lớp oxit trên nền Mg bằng cách chuẩn bị bề mặt được thực hiện nếu cần.

Lớp xử lý chuyển hóa hóa học có thể được tạo thành bằng phương pháp đã biết như phủ trục lăn, phun, nhúng chìm, điện phân hoặc phủ bằng lưỡi nạo có thổi khí sử dụng chất xử lý chuyển hóa hóa học. Sau khi phủ chất xử lý chuyển hóa hóa học, các bước như làm khô và sấy có thể được bổ sung thêm nếu cần bằng cách để ở nhiệt độ bình thường hoặc sử dụng thiết bị gia nhiệt như lò khí nóng, lò điện hoặc lò nung cảm ứng. Phương pháp lưu hóa cũng có thể được áp dụng bằng cách sử dụng chùm năng lượng như tia hồng ngoại, tia tử ngoại hoặc chùm electron. Nhiệt độ trong quá trình làm khô, thời gian làm khô và các yếu tố tương tự được xác định một cách thích hợp tùy theo loại chất xử lý chuyển hóa hóa học được sử dụng, năng suất yêu cầu và các yếu tố tương tự.

Lớp xử lý chuyển hóa hóa học được tạo thành theo cách này trở thành màng liên tục hoặc không liên tục trên lớp mạ. Độ dày của lớp xử lý chuyển hóa hóa học được xác định một cách thích hợp tùy theo loại xử lý, đặc tính yêu cầu và các yếu tố tương tự.

Lớp phủ được tạo thành từ vật liệu phủ hoặc màng hoặc các vật liệu tương tự cũng có thể được tạo thành bằng cách sử dụng phương pháp đã biết. Trong trường hợp tạo thành lớp phủ từ vật liệu phủ, ví dụ về các vật liệu phủ được sử dụng bao gồm các vật liệu phủ trên nền nhựa polyeste, vật liệu phủ trên nền nhựa epoxy, vật liệu phủ trên nền nhựa acrylic, vật liệu phủ trên nền nhựa flo, vật liệu phủ trên nền nhựa silicon, vật liệu phủ trên nền nhựa amino, vật liệu phủ trên nền nhựa uretan, vật liệu phủ trên nền nhựa vinyl clorua, và vật liệu phủ tổng hợp thu được bằng cách kết hợp các vật liệu phủ này. Phương pháp đã biết có thể được sử dụng để phủ vật liệu phủ, ví dụ về phương pháp này bao gồm phủ trục lăn, phủ màng che, phun, nhúng chìm, điện phân và phủ lưỡi dao có thổi khí. Vật liệu phủ được phủ lên lớp mạ hoặc lên lớp xử lý chuyển hóa hóa học trong trường hợp tạo thành lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc bề mặt tương tự. Sau khi phủ vật liệu phủ, lớp phủ được tạo thành bằng cách làm khô và sấy vật liệu phủ nếu cần bằng cách làm khô không khí hoặc bằng cách sử dụng thiết bị gia nhiệt như a lò khí nóng, lò điện hoặc lò nung cảm ứng. Trong trường hợp sử dụng vật liệu phủ có thể lưu hóa bằng chùm năng lượng, lớp lưu hóa có thể được tạo thành bằng cách lưu hóa vật liệu phủ bằng chùm năng lượng như tia hồng ngoại, tia tử ngoại hoặc chùm electron sau khi phủ. Nhiệt độ khi làm khô

vật liệu phủ và thời gian làm khô được xác định một cách thích hợp tùy theo loại vật liệu phủ được sử dụng, năng suất yêu cầu và các yếu tố tương tự. Lớp phủ này có thể là màng liên tục hoặc không liên tục.

Độ dày của lớp phủ được tạo thành từ vật liệu phủ được xác định một cách thích hợp tùy theo loại vật liệu phủ, đặc tính yêu cầu và các yếu tố tương tự. Ví dụ, trong trường hợp sử dụng thép được nhúng nóng làm sản phẩm kim loại dạng tấm (sản phẩm này được đem gia công cơ khí sau khi phủ), tốt hơn là lớp phủ lót có độ dày nằm trong khoảng từ 2μm đến 15μm và lớp phủ ngoài có độ dày nằm trong khoảng từ 5μm đến 200μm được tạo thành như là các lớp phủ, trên suốt lớp xử lý chuyển hóa hóa học. Trong trường hợp thực hiện việc phủ sau khi bước gia công cơ khí được thực hiện trên thép được nhúng nóng, hoặc sau khi sử dụng tiếp thép được nhúng nóng đã được gia công làm vật liệu xây dựng, độ dày của lớp phủ tốt hơn là dày hơn, như có độ dày vài milimet.

Trong trường hợp tạo thành lớp phủ từ màng, ví dụ về màng này bao gồm màng trên nền vinyl clorua, màng trên nền nhựa polyeste, màng trên nền nhựa acrylic, màng trên nền nhựa flo, màng tổng hợp được tạo ra bằng cách kết hợp các nhựa này, và các màng dát mỏng được tạo ra bằng cách dát mỏng các màng này. Màng này được dán bằng nhiệt hoặc được dán bằng chất kết dính lên lớp mạ hoặc lên lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc các lớp tương tự (trong trường hợp lớp xử lý chuyển hóa hóa học hoặc các lớp tương tự này được tạo thành), từ đó tạo thành lớp phủ.

Mặc dù độ dày của lớp phủ được tạo thành từ màng được xác định một

cách thích hợp tùy theo loại màng, đặc tính yêu cầu, chi phí và các yêu tố tương tự, nhưng độ dày này là, ví dụ, nằm trong khoảng từ 5μm đến 500μm. Lớp phủ có thể có độ dày đến hàng milimet tùy theo ứng dụng của thép được nhúng nóng.

Lớp phủ được tạo thành từ vật liệu phủ hoặc màng có thể được tạo thành trực tiếp trên lớp mạ hoặc có thể được tạo thành bằng cách có lớp khác, như lớp xử lý chuyển hóa hóa học, xen giữa các lớp này. Lớp phủ có thể được tạo thành chỉ từ vật liệu phủ hoặc chỉ từ màng, hoặc có thể được tạo thành bằng cách kết hợp và dát mỏng lớp được tạo thành từ vật liệu phủ và lớp được tạo thành từ màng.

Hơn nữa, vật liệu phủ trong suốt có thể được phủ và được kết tủa trong khi đặt lên trên lớp phủ để tạo thành lớp trong suốt trên lớp phủ.

Vì thép được nhúng nóng được sản xuất theo phương án này hạn chế sự tạo thành màng oxit trên nền Mg trên lớp bề mặt của lớp mạ và hạn chế sự tạo thành sự nhấp nhô bề mặt ở bề mặt mạ đi kèm với sự gợn sóng và sự chạy, so với các vật liệu thép được mạ chứa Mg thông thường, thép được nhúng nóng theo phương án này có thể chứng minh các đặc tính xử lý chuyển hóa hóa học tốt, độ dính bám của lớp phủ tốt, và hình dạng bên ngoài của bề mặt sau khi tạo thành lớp phủ tốt. Hơn nữa, thép được nhúng nóng này chứng minh độ bền chống ăn mòn tuyệt vời.

Thép được nhúng nóng này có thể được sử dụng trong các vật liệu cho ngành ô tô, các vật liệu cho các dụng cụ trong gia đình và các loại ứng dụng

khác, và tốt hơn là có thể được dùng trong các ứng dụng đặc biệt cần độ bền chống ăn mòn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Phần sau đây mô tả các ví dụ thực hiện sáng chế.

[Các ví dụ và các ví dụ so sánh]

Mẩu thép tấm 1a dài (làm từ thép lặng khử oxy bằng nhôm cacbon thấp) có độ dày 0,80mm và chiều rộng 1000mm được sử dụng làm vật nền thép 1. Tiếp theo, việc mạ Ni được thực hiện trước khi thực hiện việc xử lý mạ nhúng nóng trên thép tấm 1a trong các ví dụ 62 và 63, và lớp mạ sơ bộ được tạo thành với lượng bám vào (một mặt) là 0,5g/m^2 trong ví dụ 62 và với lượng bám vào (một mặt) là 2,0g/m^2 trong ví dụ 63. Trong ví dụ 64, việc xử lý mạ sơ bộ bằng Zn và 10% Cr được thực hiện, và lớp mạ sơ bộ được tạo thành với lượng bám vào (một mặt) là 1,0 g/m^2. Việc xử lý mạ sơ bộ không được thực hiện ở các ví dụ khác và ở các ví dụ so sánh.

Việc xử lý mạ nhúng nóng được thực hiện trên thép tấm 1a sử dụng thiết bị mạ nhúng nóng được thể hiện trên FIG.1. Các điều kiện xử lý được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 4. Nhiệt độ bắt đầu hóa rắn được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 3 thu được từ các đường cong pha lỏng của biểu đồ pha của bể hai thành phần Zn-Al, và tương ứng với hàm lượng của Al trong mỗi thành phần cấu tạo bể mạ nhúng nóng được thể hiện trên các bảng từ 1 đến 3.

Nhiệt độ của thép tấm 1a là 580°C khi thép tấm 1a được nhúng chìm vào bể mạ nhúng nóng 2.

Khi thép tấm 1a được kéo ra khỏi bể mạ nhúng nóng 2, thép tấm 1a được kéo vào môi trường không khí, sau đó thực hiện việc tẩy khí trong môi trường không khí. Tuy nhiên, trong ví dụ 65, ngoài việc bao quanh đường vận chuyển thép tấm 1a về phía xuôi dòng từ bể mạ nhúng nóng 2 bằng hộp kín (chi tiết rỗng 22), các vòi phun 9 cũng được lắp đặt trong hộp kín này, và cùng với việc sử dụng khí nitơ cho phần bên trong của hộp kín này, việc tẩy khí được thực hiện bằng khí nitơ bên trong chi tiết rỗng 22.

Trong thiết bị gia nhiệt 10, thép tấm 1a được làm nguội cho đến khi nhiệt độ bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng (lớp mạ) đạt đến 300°C. Tốc độ làm nguội trong quá trình làm nguội là 45°C/giây. Tuy nhiên trong các ví dụ 70 và 71, tốc độ làm nguội được thay đổi trong khoảng nhiệt độ trong đó nhiệt độ bề mặt của kim loại mạ nhúng nóng là 500°C hoặc cao hơn, và tốc độ làm nguội trong khoảng thời gian này là 38°C/giây đối với ví dụ 70 và 28°C/giây đối với ví dụ 71.

Tỷ lệ suy giảm do cán là 1%, và tỷ lệ giãn của thép tấm 1a trong quá trình chỉnh sửa hình dạng cũng là 1%.

[Bảng 1]

		Thành phần cấu tạo bể mạ nhúng nóng (% trọng lượng)												Thời điểm bắt đầu hóa rắn	Nhiệt độ bể	Lượng bám vào (cả hai mặt)
		Al	Cr	Si	Tỷ lệ Si/Al	Mg	Tỷ lệ Mg/Si	Fe	Sr	Ti	B	Ca	Zn			
		%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	ppm	--	°C	°C	g/m^2
Ví dụ	1	20,1	0,15	1,2	6,0	2,1	177	0,14	31	-	-	-	Còn lại	472	504	148
	2	25,2	0,07	1,3	5,2	1,8	138	0,18	33	-	-	-	Còn lại	488	521	153
	3	44,6	0,17	1,4	3,1	2,0	143	0,22	33	-	-	-	Còn lại	545	578	147
	4	50,3	0,17	1,4	2,8	2,1	147	0,37	24	-	-	-	Còn lại	560	590	149
	5	54,9	0,16	1,6	2,9	2,1	131	0,43	32	-	-	-	Còn lại	571	600	153
	6	59,8	0,17	1,7	2,8	2,2	129	0,46	25	-	-	-	Còn lại	583	612	147
	7	65,3	0,16	2,0	3,1	2,0	100	0,48	25	-	-	-	Còn lại	596	625	147
	8	74,1	0,15	2,1	2,8	2,2	105	0,51	29	-	-	-	Còn lại	614	645	148
Ví dụ so sánh	1	78,3	0,17	2,3	2,9	2,3	100	0,52	22	-	-	-	Còn lại	623	655	154
Ví dụ	9	55,1	0	1,7	3,1	1,9	112	0,42	26	-	-	-	Còn lại	572	600	142
	10	54,7	0,05	1,8	3,3	2,2	122	0,41	20	-	-	-	Còn lại	571	599	150
	11	55,0	0,1	1,6	2,9	2,2	138	0,40	26	-	-	-	Còn lại	571	599	151
	12	53,9	0,2	1,4	2,6	2,4	171	0,44	36	-	-	-	Còn lại	569	598	150
	13	53,5	0,5	1,6	3,0	2,1	131	0,43	36	-	-	-	Còn lại	568	598	147
	14	54,6	0,9	1,7	3,1	2,4	141	0,43	27	-	-	-	Còn lại	570	600	149
	15	53,4	1,2	1,9	3,6	2,2	116	0,43	39	-	-	-	Còn lại	567	598	148
Ví dụ so sánh	2	55,9	0,14	0,2	0,4	2,0	1000	0,45	22	-	-	-	Còn lại	574	600	148
Ví dụ	16	56,7	0,17	0,5	0,9	1,5	300	0,43	38	-	-	-	Còn lại	576	602	152
	17	54,9	0,17	2,5	4,6	2,2	88	0,41	36	-	-	-	Còn lại	571	600	148
	18	56,7	0,18	4	7,1	3,0	75	0,45	39	-	-	-	Còn lại	576	602	149

[Bảng 2]

		Thành phần cấu tạo bể mạ nhúng nóng (% trọng lượng)												Thời điểm bắt đầu hóa rắn	Nhiệt độ bể	Lượng bám vào (cả hai mặt)
		Al	Cr	Si	Tỷ lệ Si/Al	Mg	Tỷ lệ Mg/Si	Fe	Sr	Ti	B	Ca	Zn			
		%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	ppm	--	°C	°C	g/m^2
Ví dụ	19	56,8	0,18	5,5	9,7	3,4	62	0,44	21	-	-	-	Còn lại	576	602	151
	20	56,8	0,17	6,3	11,1	2,5	40	0,40	37	-	-	-	Còn lại	576	602	152
Ví dụ so sánh	3	54,0	0,16	5,5	10,2	10,2	185	0,40	37	-	-	-	Còn lại	569	599	152
Ví dụ	21	54,7	0,14	1,5	2,7	0,4	27	0,44	20	-	-	-	Còn lại	571	598	150
	20	44,6	0,16	1,2	2,7	0,6	50	0,44	19	-	-	-	Còn lại	545	579	149
	21	44,1	0,15	1,1	2,5	3,0	273	0,44	31	-	-	-	Còn lại	543	576	154
	22	44,9	0,14	1,4	3,1	4,2	300	0,44	26	-	-	-	Còn lại	546	578	153
	23	49,4	0,14	1,3	2,6	0,7	54	0,42	38	-	-	-	Còn lại	557	586	149
	24	49,8	0,15	1,4	2,8	3,0	214	0,40	39	-	-	-	Còn lại	558	589	148
	25	49,7	0,16	1,5	3,0	4,5	300	0,41	37	-	-	-	Còn lại	558	588	152
	26	53,1	0,15	1,6	3,0	0,8	50	0,40	40	-	-	-	Còn lại	567	599	150
	27	56,1	0,18	1,5	2,7	1,5	100	0,45	28	-	-	-	Còn lại	574	600	150
	28	56,6	0,16	1,8	3,2	3,0	167	0,41	23	-	-	-	Còn lại	575	602	147
	29	55,7	0,17	1,4	2,5	4,0	286	0,44	39	-	-	-	Còn lại	573	599	147
	30	55,3	0,14	1,7	3,1	5,1	300	0,45	25	-	-	-	Còn lại	572	598	148
	31	61,3	0,19	1,7	2,8	0,9	53	0,42	41	-	-	-	Còn lại	586	612	152
	32	58,8	0,17	1,7	2,9	3,1	182	0,44	29	-	-	-	Còn lại	581	608	149
	33	60,4	0,18	1,9	3,1	5,2	274	0,41	40	-	-	-	Còn lại	584	610	147
	34	65,2	0,19	1,9	2,9	1,0	53	0,44	39	-	-	-	Còn lại	595	621	149
	35	66,0	0,17	2,1	3,2	3,5	167	0,43	22	-	-	-	Còn lại	597	624	151

[Bảng 3]

		Thành phần cấu tạo bể mạ nhúng nóng (% trọng lượng)												Thời điểm bắt đầu hóa rắn	Nhiệt độ bể	Lượng bám vào (cả hai mặt)
		Al	Cr	Si	Tỷ lệ Si/Al	Mg	Tỷ lệ Mg/Si	Fe	Sr	Ti	B	Ca	Zn			
		%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	ppm	--	°C	°C	g/m^2
Ví dụ	36	65,5	0,18	2,3	3,5	6,8	296	0,42	32	-	-	-	Còn lại	596	622	150
	37	55,0	0,15	2,5	4,5	1,4	56	0,42	39	-	-	-	Còn lại	571	598	150
	38	53,0	0,16	2,5	4,7	4,5	180	0,45	30	-	-	-	Còn lại	566	597	153
	39	54,0	0,17	2,7	5,0	8,1	300	0,40	33	-	-	-	Còn lại	569	600	152
	40	52,0	0,15	3,9	7,5	2,0	51	0,46	38	-	-	-	Còn lại	564	595	155
	41	51,0	0,18	4,1	8,0	3,5	85	0,43	40	-	-	-	Còn lại	561	593	154
	42	53,0	0,13	3,9	7,4	6,5	167	0,42	36	-	-	-	Còn lại	566	595	152
	43	55,0	0,19	4,2	7,6	10,0	238	0,43	42	-	-	-	Còn lại	571	598	153
Ví dụ so sánh	4	56,8	0,16	1,5	2,6	7,5	500	0,40	32	-	-	-	Còn lại	576	602	151
Ví dụ	44	53,9	0,17	1,8	3,3	2,3	128	0,46	0	-	-	-	Còn lại	569	597	148
	45	53,3	0,15	1,7	3,2	2,5	147	0,44	0,5	-	-	-	Còn lại	567	598	147
	46	56,5	0,15	1,8	3,2	2,4	133	0,42	1	-	-	-	Còn lại	575	601	153
	47	56,5	0,16	1,4	2,5	2,3	164	0,45	9	-	-	-	Còn lại	575	602	152
	48	56,1	0,18	1,6	2,9	1,9	119	0,44	53	-	-	-	Còn lại	574	600	153
	49	54,5	0,17	1,5	2,8	2,4	160	0,40	98	-	-	-	Còn lại	570	600	149
	50	54,5	0,16	1,7	3,1	1,9	112	0,45	248	-	-	-	Còn lại	570	598	148
	51	54,9	0,17	1,8	3,3	2,4	133	0,40	495	-	-	-	Còn lại	571	597	149
	52	55,4	0,16	1,6	2,9	2,2	138	0,41	1000	-	-	-	Còn lại	572	598	150
	53	55,3	0,17	1,7	3,1	2,3	135	0,44	1060	-	-	-	Còn lại	572	599	152
	54	56,7	0,15	1,6	2,8	1,9	119	0,41	23	0,0005	-	-	Còn lại	576	602	147

[Bảng 4]

		Thành phần cấu tạo bể mạ nhúng nóng (% trọng lượng)												Thời điểm bắt đầu hóa rắn	Nhiệt độ bể	Lượng bám vào (cả hai mặt)
		Al	Cr	Si	Tỷ lệ Si/Al	Mg	Tỷ lệ Mg/Si	Fe	Sr	Ti	B	Ca	Zn			
		%	%	%	%	%	%	%	ppm	%	%	ppm	--	°C	°C	g/m^2
Ví dụ	55	55,7	0,17	1,7	3,1	2,2	129	0,44	27	0,008	-	-	Còn lại	573	599	153
	56	56,6	0,15	1,5	2,7	1,8	120	0,43	34	0,03	0,1	-	Còn lại	575	602	148
	57	56,0	0,15	1,6	2,9	2,0	125	0,42	33	0,1	0,0005	-	Còn lại	574	601	150
	58	56,6	0,16	1,6	2,8	1,8	113	0,43	24	-	-	-	Còn lại	575	602	92
	59	54,1	0,15	1,5	2,8	2,2	147	0,43	26	-	-	-	Còn lại	569	599	75
	60	56,9	0,17	1,5	2,6	2,1	140	0,43	32	-	-	-	Còn lại	576	602	42
	61	55,6	0,16	1,4	2,5	2,4	171	0,40	36	-	-	-	Còn lại	573	590	150
	62	53,6	0,14	1,6	3,0	2,0	125	0,40	38	-	-	-	Còn lại	568	598	146
	63	56,9	0,15	1,8	3,2	2,3	128	0,41	28	-	-	-	Còn lại	576	602	151
	64	53,7	0,15	1,9	3,5	2,2	116	0,44	31	-	-	-	Còn lại	568	598	152
	65	53,9	0,16	1,4	2,6	2,1	150	0,43	2	-	-	-	Còn lại	569	599	150
	66	52,0	0,16	1,6	3,1	1,9	119	0,43	11	-	-	100	Còn lại	564	599	148
	67	55,0	0,17	1,7	3,1	2,2	129	0,42	9	-	-	450	Còn lại	571	599	150
	68	54,1	0,16	1,5	2,8	2,0	133	0,43	12	-	-	2000	Còn lại	569	599	153
	69	54,3	0,16	1,6	2,9	2,1	131	0,42	10	-	-	5000	Còn lại	570	600	152
	70	53,0	0,18	1,6	3,0	1,8	113	0,43	35	-	-	-	Còn lại	566	599	154
	71	54,2	0,16	1,5	2,8	2,2	147	0,42	30	-	-	-	Còn lại	569	599	150
	72	54,8	0,13	1,6	2,9	2,1	131	0,05	32	-	-	-	Còn lại	571	599	152
	73	54,2	0,14	1,5	2,8	1,8	120	1,10	34	-	-	-	Còn lại	569	600	151

[Thử nghiệm đánh giá]

Thử nghiệm đánh giá sau đây được thực hiện đối với thép được nhúng nóng (thép tấm được nhúng nóng) thu được theo mỗi ví dụ trong số các ví dụ và các ví dụ so sánh.

(Đánh giá phần trăm thể tích của pha Si-Mg)

Mẫu thu được bằng cách cắt thép tấm nhúng nóng. Sau khi ấn mẫu vào trong nhựa để phơi trần bề mặt cắt, bề mặt cắt được đánh bóng đến như gương. Khi bề mặt được cắt được quan sát bằng kính hiển vi điện tử, pha Si-Mg được thấy rõ là được phân bố trong lớp mạ.

Hình ảnh thu được bằng cách chụp ảnh bề mặt cắt của thép tấm được nhúng nóng thu được theo ví dụ 5 bằng kính hiển vi điện tử được thể hiện trên FIG. 4(a). Hơn nữa, phép phân tích nguyên tố được thực hiện đối với phần trong đó sự kết tủa của pha Si-Mg được quan sát thấy bằng cách sử dụng phổ kế tán sắc năng lượng tia X (EDS). Kết quả được thể hiện trên FIG. 4(b). Theo kết quả này, có thể thấy là chỉ có hai nguyên tố Mg và Si được phát hiện rõ. Mặc dù oxy (O) cũng được phát hiện thấy nhưng đây là do phát hiện được oxy được hấp thụ vào mẫu trong quá trình chuẩn bị mẫu.

Phần trăm diện tích (%) của pha Si-Mg ở bề mặt cắt được đo bằng cách thực hiện phép phân tích hình ảnh dựa trên hình ảnh chụp được trong khoảng chiều dài 20mm theo hướng vuông góc với hướng độ dày trên bề mặt cắt của lớp mạ. Pha Si-Mg có màu xám sẫm, và có thể dễ dàng xác định được bằng phép phân tích hình ảnh vì nó dễ dàng phân biệt được với các pha khác.

Phần trăm thể tích của pha Si-Mg được đánh giá bằng cách coi như phần trăm diện tích (%) thu được theo cách này trùng khớp với phần trăm thể tích của pha Si-Mg. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 5 đến 8,

(Đánh giá tỷ lệ trọng lượng của lượng Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng Mg)

Tỷ lệ trọng lượng giữa lượng Mg trong pha Si-Mg và tổng trọng lượng của Mg trong lớp mạ được tính theo các công thức từ (1) đến (3) đã nêu. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 4 đến 6.

(Đánh giá lượng Mg trong lớp bề mặt)

Phép phân tích nguyên tố theo hướng chiều sâu (hướng độ dày của lớp mạ) được thực hiện đối với các thành phần có trong lớp mạ thép tấm được nhúng nóng bằng phương pháp đo phổ phát quang phóng điện phát sáng (GD-OES). Trong quá trình thực hiện việc đo này, cường độ phát xạ của các nguyên tố có trong lớp mạ được đo trong các điều kiện bao gồm đường kính của diện tích được đo là 4mm, công suất 35W, sử dụng khí Ar làm môi trường đo, áp suất đo là 600Pa, sử dụng chế độ phun bình thường đối với cách thức phóng điện, chu trình hoạt động 0,1, thời gian phân tích là 80 giây và thời gian lấy mẫu là 0,02 giây/điểm. Để biến đổi giá trị cường độ phát xạ thu được thành giá trị nồng độ định lượng (nồng độ ở dạng % trọng lượng), các phép phân tích nguyên tố cũng được thực hiện riêng rẽ đối với các mẫu đối chứng như hợp kim Al xêri 7000 hoặc vật liệu thép có nồng độ thành phần đã biết. Hơn nữa, vì số liệu GD-OES ở dạng các thay đổi về cường độ phát xạ theo thời gian phun, độ sâu

phun được đo bằng cách quan sát mặt cắt ngang của các mẫu sau khi hoàn thành việc đo, tốc độ phun được tính toán bằng cách chia độ sâu phun thu được cho tổng thời gian phun, và định vị độ sâu của lớp mạ được xác định theo profin hướng độ sâu GD-OES.

Kết quả phân tích đối với ví dụ 5 và ví dụ 44 lần lượt được thể hiện trên các FIG. 5(a) và 5(b). Theo kết quả này, có thể xác nhận là nồng độ của Mg ở lớp bề mặt của lớp mạ gia tăng nhanh chóng theo ví dụ 44.

Trên cơ sở kết quả này, hàm lượng Mg thu được ở diện tích có kích cỡ đường kính 4mm và độ sâu 50nm ở lớp ngoài cùng của lớp mạ có độ sâu 50nm. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 5 đến 8,

(Đánh giá lượng Cr ở lớp bề mặt)

Các giá trị hợp nhất của cường độ phát xạ Cr được đánh giá trong diện tích có kích cỡ đường kính là 4mm và độ sâu là 50nm từ bề mặt ngoài cùng của lớp mạ bằng GD-OES theo cách thức giống như trong trường hợp "Đánh giá lượng Mg ở lớp bề mặt". Các giá trị hợp nhất của cường độ phát xạ Cr được đo theo cách tương tự đối với toàn bộ lớp mạ, và tỷ lệ giữa giá trị hợp nhất của cường độ phát xạ Cr trong diện tích nêu trên và giá trị hợp nhất đối với toàn bộ lớp mạ được xác định. Sau đó hàm lượng Cr được tính trong diện tích có kích cỡ đường kính là 4mm và độ sâu là 50nm từ bề mặt ngoài cùng của lớp mạ dựa trên tỷ lệ của giá trị hợp nhất của cường độ phát xạ Cr và giá trị phân tích hóa học của lượng Cr trong toàn bộ lớp mạ như được xác định bằng ICP. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 5 đến 8,

(Đánh giá tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ)

Bề mặt của lớp mạ được quan sát bằng kính hiển vi điện tử. Ảnh của bề mặt của lớp mạ theo ví dụ 5 như được chụp bằng kính hiển vi điện tử được thể hiện trên FIG.6. Theo kết quả của việc quan sát này, pha Si-Mg được thấy rõ là phân bố trên bề mặt của lớp mạ. Trên cơ sở của kết quả này, diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ được đo, và tỷ lệ diện tích của pha Si-Mg trên bề mặt của lớp mạ được tính dựa trên đó. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 5 đến 8.

(Đánh giá lớp hợp kim)

Mẫu thu được bằng cách cắt thép tấm được nhúng nóng. Sau khi ấn mẫu vào trong nhựa để phơi trần bề mặt cắt, bề mặt cắt được đánh bóng đến như gương. Lớp hợp kim có mặt ở bề mặt phần cắt này được xen giữa tại bề mặt chung giữa lớp mạ và thép tấm 1a. Độ dày của lớp hợp kim này được đo. Hơn nữa, phần bề mặt được đánh bóng diện tích 10μm × 20μm được lấy mẫu từ bề mặt được đánh bóng bằng thiết bị chùm ion hội tụ, và vi mẫu được chuẩn bị được xử lý để có độ dày 50nm hoặc ít hơn. Sau đó nồng độ Cr trong lớp hợp kim của vi mẫu này được phân tích bằng cách sử dụng phổ kế tán sắc năng lượng tia X (EDS) trong điều kiện điện áp gia tốc 200kV và đường kính đầu dò là 1nm.

Sau đó tỷ lệ giữa tỷ lệ trọng lượng của Cr trong lớp hợp kim và tỷ lệ trọng lượng của Cr trong lớp mạ được tính dựa trên kết quả này. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 5 đến 8.

[Bảng 5]

		Phần trăm thể tích pha Si-Mg	Tỷ lệ trọng lượng Mg	Hàm lượng Mg trong lớp bề mặt	Hàm lượng Cr trong lớp bề mặt	Tỷ lệ diện tích pha Si-Mg trên bề mặt lớp mạ	Lớp hợp kim	
							Độ dày	Tỷ lệ hàm lượng Cr
		% thể tích	%	% trọng lượng	ppm trọng lượng	% diện tích	μm	--
Ví dụ	1	4,54	42,9	33,2	308	7,0	0,03	0,5
	2	3,65	42,3	32,9	139	6,1	0,06	2,1
	3	3,21	39,3	29,8	330	4,2	0,50	7,5
	4	3,09	38,9	29,5	333	3,4	1,00	14,6
	5	2,99	38,5	29,1	312	3,2	1,50	22,9
	6	2,60	33,7	29,0	321	3,3	2,00	29,4
	7	2,20	33,3	28,0	298	2,9	2,50	38,8
	8	1,35	20,6	29,1	266	4,0	2,90	49,2
Ví dụ so sánh	1	0,18	2,8	61,2	283	5,0	5,10	76,3
Ví dụ	9	0,26	3,7	62,0	0	32,0	0,00	--
	10	0,38	4,7	31,4	103	4,1	0,30	15,0
	11	1,50	18,5	31,5	196	5,0	0,40	10,0
	12	3,00	33,6	31,8	395	6,6	0,50	6,3
	13	3,52	44,7	30,9	413	7,4	1,50	7,5
	14	4,64	52,4	33,9	488	11,1	1,60	4,4
	15	7,20	87,7	16,1	2380	13,0	2,00	4,2
Ví dụ so sánh	2	0,05	0,7	74,5	227	8,5	6,00	104,5
Ví dụ	16	0,35	6,3	34,5	307	2,6	3,00	44,5
	17	3,12	38,8	29,8	316	6,6	2,00	29,8
	18	4,19	40,0	29,3	335	6,7	1,50	21,4

[Bảng 6]

		Phần trăm thể tích pha Si-Mg	Tỷ lệ trọng lượng Mg	Hàm lượng Mg trong lớp bề mặt	Hàm lượng Cr trong lớp bề mặt	Tỷ lệ diện tích pha Si-Mg trên bề mặt lớp mạ	Lớp hợp kim	
							Độ dày	Tỷ lệ hàm lượng Cr
		% thể tích	%	% trọng lượng	ppm trọng lượng	% diện tích	μm	--
Ví dụ	19	4,70	40,4	30,6	346	8,9	1,20	16,7
	20	3,37	39,4	29,6	330	8,4	1,00	14,7
Ví dụ so sánh	3	16,80	51,2	66,0	305	32,0	1,50	23,4
Ví dụ	21	0,20	13,2	25,0	269	0,9	1,80	31,3
	20	0,77	30,9	25,7	311	1,7	1,60	24,4
	21	2,94	24,1	35,2	282	5,0	1,70	28,4
	22	3,69	22,1	39,5	274	9,2	1,30	22,7
	23	0,86	31,1	26,2	270	1,7	1,60	28,0
	24	3,57	30,9	35,5	275	7,9	1,50	25,8
	25	3,79	22,3	38,2	315	8,2	1,30	19,8
	26	0,97	31,9	25,8	281	1,3	1,60	21,5
	27	2,05	37,1	29,4	336	5,7	1,70	24,0
	28	4,27	39,7	34,2	305	8,5	1,50	23,5
	29	3,33	23,2	38,4	321	9,0	1,30	19,5
	30	4,01	22,2	38,8	273	8,4	1,40	24,4
	31	1,03	32,4	25,3	363	1,8	1,60	21,1
	32	4,05	37,3	31,6	325	4,9	1,50	22,1
	33	4,36	25,1	34,7	345	5,2	1,30	18,1
	34	1,00	29,8	25,9	359	3,0	1,60	21,3
	35	3,87	34,4	33,4	334	8,0	1,50	21,5

[Bảng 7]

		Phần trăm thể tích pha Si-Mg	Tỷ lệ trọng lượng Mg	Hàm lượng Mg trong lớp bề mặt	Hàm lượng Cr trong lớp bề mặt	Tỷ lệ diện tích pha Si-Mg trên bề mặt lớp mạ	Lớp hợp kim	
							Độ dày	Tỷ lệ hàm lượng Cr
		% thể tích	%	% trọng lượng	ppm trọng lượng	% diện tích	μm	--
Ví dụ	36	4,98	23,8	38,9	341	9,5	1,30	18,4
	37	1,87	36,3	28,2	286	5,4	1,40	23,3
	38	6,27	38,4	33,7	304	7,5	1,60	25,0
	39	6,38	23,0	38,0	322	8,0	1,80	26,5
	40	2,84	38,2	27,0	283	3,7	1,70	28,3
	41	5,19	40,3	32,8	344	10,4	1,60	22,2
	42	8,00	35,4	37,1	245	11,0	1,50	28,8
	43	9,69	29,9	39,9	366	12,6	1,40	18,4
Ví dụ so sánh	4	0,75	2,9	70,1	308	36,0	1,20	18,8
Ví dụ	44	0,21	3,2	67,3	332	34,0	1,70	24,4
	45	0,35	3,8	63,2	285	31,0	1,20	20,2
	46	0,98	11,3	36,5	288	12,0	1,80	29,4
	47	1,35	16,1	34,9	311	9,5	1,30	20,1
	48	2,67	38,3	31,1	340	7,2	1,40	19,8
	49	3,48	39,2	30,3	328	4,0	1,60	23,3
	50	3,60	51,0	27,9	307	2,0	1,40	21,8
	51	3,80	43,1	28,1	320	1,1	1,50	22,4
	52	3,45	42,7	28,3	305	0,8	1,48	23,1
	53	3,60	42,7	28,0	329	0,5	1,80	25,9
	54	2,62	37,9	30,3	295	5,5	1,50	24,2

[Bảng 8]

		Phần trăm thể tích pha Si-Mg	Tỷ lệ trọng lượng Mg	Hàm lượng Mg trong lớp bề mặt	Hàm lượng Cr trong lớp bề mặt	Tỷ lệ diện tích pha Si-Mg trên bề mặt lớp mạ	Lớp hợp kim	
							Độ dày	Tỷ lệ hàm lượng Cr
		% thể tích	%	% trọng lượng	ppm trọng lượng	% diện tích	μm	--
Ví dụ	55	3,12	38,8	33,3	316	9,0	1,60	24,1
	56	2,47	37,6	29,1	283	3,5	1,40	23,6
	57	2,45	33,5	29	286	3,5	1,42	23,7
	58	2,48	37,8	29,4	309	4,7	1,50	23,2
	59	3,15	38,5	30,2	278	3,8	1,60	27,2
	60	2,95	38,7	29,2	333	3,2	1,40	20,2
	61	3,42	38,9	30,8	320	4,1	1,90	13,7
	62	2,85	38,1	30,7	268	5,4	1,70	29,9
	63	3,21	38,7	32,1	287	7,4	2,00	32,6
	64	3,16	38,6	31,9	282	7,6	2,30	37,7
	65	3,03	38,6	32,2	314	7,0	1,50	22,8
	66	2,78	38,4	30,5	315	6,1	1,40	21,3
	67	3,15	38,9	28,9	324	3,1	1,60	23,5
	68	2,87	38,4	28,9	314	2,7	1,50	22,8
	69	2,75	35,2	28,6	306	2,1	1,45	22,7
	70	2,61	38,3	27,7	346	2,3	1,40	19,4
	71	3,17	38,7	28,9	305	1,7	1,50	23,4
	72	2,95	38,0	30,8	249	5,0	1,10	21,2
	73	2,53	37,5	31,2	245	6,1	3,50	62,5

(Đánh giá hình dạng bên ngoài)

Hình dạng bên ngoài của bề mặt của lớp mạ thép tấm được nhúng nóng được quan sát bằng mắt và bằng kính hiển vi. FIG.7(a) thể hiện ảnh của bề mặt của lớp mạ theo ví dụ 5. FIG.7(b) thể hiện ảnh của bề mặt của lớp mạ theo ví dụ 9. FIG.8(a) thể hiện ảnh chụp hiển vi của bề mặt của lớp mạ theo ví dụ 56. FIG.8(b) thể hiện ảnh chụp hiển vi của bề mặt của lớp mạ theo ví dụ 5. FIG.9 thể hiện ảnh của hình dạng bên ngoài của lớp mạ theo ví dụ 44.

Mức độ gợn sóng của bề mặt của lớp mạ được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây dựa trên các kết quả quan sát. Các kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

◎: Không thấy có nếp gợn sóng

○: Gợn sóng nhẹ (mức độ gợn sóng được thể hiện trên FIG.7(a))

△: Gợn sóng trung bình (nhiều hơn mức độ được thể hiện trên FIG.7(b))

×: Gợn sóng rõ rệt (nức độ gợn sóng được thể hiện trên FIG. 7(b))

Sự gợn sóng được đánh giá là trung gian giữa ○ và △ được đánh giá là ○-△.

Hơn nữa, mức độ chạy trên bề mặt của lớp mạ cũng được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau đây dựa trên các kết quả quan sát. Các kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

○: Không thấy có sự chạy

×: Thấy có sự chạy (mức độ chạy được thể hiện trên FIG.9)

Hơn nữa, mức độ xỉ bám vào bề mặt mạ cũng được đánh giá theo các tiêu chuẩn sau dựa trên các kết quả quan sát. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

○: Không thấy có xỉ bám vào đi kèm với sự nhấp nhô bề mặt trên bề mặt của lớp mạ hoặc xỉ bám vào đi kèm với sự nhấp nhô bề mặt thấy được ở dưới 5 vị trí trên một m^2

×: xỉ bám vào đi kèm với sự nhấp nhô bề mặt trên bề mặt của lớp mạ được thấy ở nhiều hơn hoặc bằng 5 vị trị trên một m^2

Hơn nữa, nếu các đặc tính hình dạng bên ngoài của lớp mạ ngoài sự gợn sóng, sự chạy và xỉ được thấy thì cũng thấy được sự thô của cấu trúc vảy ở ví dụ 72 (xem cột "Khác").

(Đánh giá độ bền chống ăn mòn để trần)

Mẫu có kích thước 100mm × 50mm nhìn từ trên xuống thu được bằng cách cắt thép tấm được nhúng nóng. Thử nghiệm phun muối theo JIS Z2371 được thực hiện đối với mẫu trong 20 ngày. Tổn thất ăn mòn mạ của mẫu được đo sau thử nghiệm phun muối. Khi đo tổn thất ăn mòn mạ này, các sản phẩm ăn mòn được hòa tan và lấy ra khỏi mẫu bằng cách nhúng mẫu sau thử nghiệm phun muối trong 3 phút trong bể xử lý có nồng độ CrO_3 là 200g/l ở nhiệt độ là 80°C. Sự giảm trọng lượng của mẫu sau bước xử lý này so với trọng lượng của mẫu trước thử nghiệm phun muối được dùng làm tổn thất ăn mòn mạ.

Sau đó độ bền chống ăn mòn để trần được đánh giá như được thể hiện

dưới đây dựa trên kết quả này. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

◎: Tổn thất ăn mòn mạ là 5g/m^2 hoặc ít hơn

○: Tổn thất ăn mòn mạ nằm trong khoảng từ 5g/m^2 đến 10g/m^2

△: Tổn thất ăn mòn mạ nằm trong khoảng từ 10g/m^2 đến 20g/m^2

×: Tổn thất ăn mòn mạ lớn hơn 20g/m^2

(Đánh giá độ bền chống ăn mòn sau khi phủ)

Lớp xử lý chuyển hóa hóa học có hàm lượng crom nằm trong khoảng từ 30mg/m^2 đến 50mg/m^2 được tạo thành bằng cách phủ chất xử lý chuyển hóa hóa học (sản phẩm số 1300AN, Nihon Parkerizing Co., Ltd.) bao gồm chất xử lý chuyển hóa hóa học chứa cromat lên cả hai mặt của thép tấm được nhúng nóng. Vật liệu phủ lót trên nền epoxy (sản phẩm số P·152S, Nippon Paint Co., Ltd.) được phủ với độ dày 5μm lên lớp xử lý chuyển hóa hóa học sau đó gia nhiệt và sấy để tạo thành lớp phủ lót. Vật liệu phủ ngoài trên nền polyeste (tên thương mại: Nippe Supercoat 300HQ, Nippon Paint Co., Ltd.) được phủ với độ dày 20μm lớp phủ lót sau đó gia nhiệt và sấy để tạo thành lớp phủ ngoài.

Mẫu có kích thước 100mm × 50mm nhìn từ trên xuống thu được bằng cách cắt thép tấm được nhúng nóng được phủ. Sau đó mẫu này được phơi trong điều kiện ngoài trời ở vị trí dọc bờ biển Okinawa trong 1 năm, sau đó quan sát các đầu cắt và bề mặt được phủ của mẫu và đánh giá tình trạng ăn mòn theo các tiêu chuẩn sau. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

<Các đầu cắt>

◎: không thấy có sự phồng rộp

○: Các nốt phồng rộp có chiều rộng dưới 2mm

△: Các nốt phồng rộp có chiều rộng 2 mm hoặc cao hơn đến dưới 5mm

×: Các nốt phồng rộp có chiều rộng 5mm hoặc cao hơn

<Bề mặt được phủ>

○: không thấy có sự tạo thành gỉ trắng

△: thấy có gỉ trắng rải rác

×: thấy có lượng lớn gỉ trắng

Hơn nữa, gỉ trắng trên bề mặt được phủ được cho là xuất hiện do các vết lồi trên lớp mạ hoặc xỉ bám vào lớp mạ, do đó làm cho độ dày của lớp phủ giảm đi phần nào hoặc dẫn đến việc các vết lồi hoặc xỉ xuyên qua lớp mạ.

(Đánh giá tính dễ gia công uốn)

Mẫu có kích thước 30mm × 40mm nhìn từ trên xuống thu được bằng cách cắt thép tấm được nhúng nóng. Sau đó mẫu này được đem uốn 8T. Mũi của phần được uốn của mẫu này được quan sát bằng kính hiển vi. Sau đó tính dễ gia công uốn được đánh giá theo tiêu chuẩn sau dựa trên kết quả này. Trong đó, uốn 8T là tương đương với trường hợp "khoảng hở trong chỗ uốn" là "8 tấm có độ dày xác định" trong Bảng 17 của phần 13.2.2 của tài liệu JIS G3322. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

◎: không thấy có các vết rạn nứt

○: thấy có từ 1 đến dưới 5 vết rạn nứt

△: thấy có từ 5 đến dưới 20 vết rạn nứt

×: thấy có 20 vết rạn nứt hoặc nhiều hơn

(Đánh giá độ bền chống ăn mòn sau khi uốn)

Mẫu có kích thước 30mm × 40mm nhìn từ trên xuống thu được bằng cách cắt thép tấm được nhúng nóng. Sau đó mẫu này được đem uốn 4T. Trong đó, uốn 4T là tương đương với trường hợp "khoảng hở trong chỗ uốn" là "4 tấm có độ dày xác định" trong Bảng 17 của phần 13.2.2 của tài liệu JIS G3322.

Bảng gỗ có kích thước 1,5m × 1,5m được đặt nằm ngang so với đất ở vị trí ngoài trời có độ cao 1m ở vị trí dọc bờ biển Okinawa, và mẫu được đặt cố định ở một mặt của bảng đối diện với mặt đất để tránh cho mẫu bị phơi dưới mưa. Mẫu này được phơi trong điều kiện ngoài trời trong 2 năm ở tình trạng này.

Sau đó phần được uốn của mẫu sau bước xử lý này được quan sát, và tình trạng ăn mòn được đánh giá theo tiêu chuẩn sau dựa trên kết quả đó. Kết quả được thể hiện trên các bảng từ 9 đến 12.

◎: không thấy có gỉ trắng ở phần được uốn

○: chỉ thấy gỉ trắng ở một phần của phần được uốn nơi các vết rạn nứt được tạo thành

△: thấy có gỉ trắng bao phủ toàn bộ phần được uốn trong đó còn có một số gỉ trải rộng đến các phần khác ngoài phần được uốn

×: thấy có gỉ trắng ở phần được uốn và còn thấy có gỉ đó

[Bảng 9]

		Hình dạng bên ngoài				Độ bền chống ăn mòn để trần	Độ bền chống ăn mòn sau khi phủ		Tính dễ gia công uốn	Độ bền chống ăn mòn sau khi uốn
		Gợn sóng	Chạy	Xỉ	Khác		Các đầu cắt	Bề mặt được phủ		
Ví dụ	1	◎	○	○		×	○	△	○	△
	2	◎	○	○		○	○	○	○	○
	3	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	4	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	5	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	6	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	7	◎	○	○		◎	◎	○	△	△
	8	○	○	○		◎	○	○	△	△
Ví dụ so sánh	1	△	○	○		○	×	△	×	△
Ví dụ	9	○-△	×	○		◎	◎	△	○	○
	10	○	○	○		◎	◎	○	○	○
	11	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	12	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	13	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎

	14	◎	○	○		◎	◎	○	△	○	○
	15	◎	○	×		○	○	△	△	△	△
Ví dụ so sánh	2	×	×	○		◎	○	△	×	△	△
Ví dụ	16	○	○	○		◎	◎	○	○	○	○
	17	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎	◎
	18	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎	◎

[Bảng 10]

		Hình dạng bên ngoài				Độ bền chống ăn mòn để trần	Độ bền chống ăn mòn sau khi phủ		Tính dễ gia công uốn	Độ bền chống ăn mòn sau khi uốn
		Gợn sóng	Chạy	Xỉ	Khác		Các đầu cắt	Bề mặt được phủ		
Ví dụ	19	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	20	◎	○	×		○	○	○	○	○
Ví dụ so sánh	3	×	×	×		○	○	△	×	×
	21	◎	○	○		×	△	○	◎	○
	20	◎	○	○		○	○	○	◎	○
	21	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	22	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	23	◎	○	○		○	○	○	◎	◎
	24	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	25	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	26	◎	○	○		○	○	○	◎	○
	27	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	28	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	29	◎	○	○		◎	◎	○	○	○

30	○	○	○	○	◎	○	○	◎	○	△	○
31	◎	○	○	○	○	○	○	○	○	○	◎
32	◎	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	◎
33	○	○	○	○	○	○	○	◎	○	△	○
34	◎	○	○	○	○	○	○	○	◎	◎	◎
35	◎	○	○	○	○	○	○	◎	○	○	○

[Bảng 11]

		Hình dạng bên ngoài				Độ bền chống ăn mòn để trần	Độ bền chống ăn mòn sau khi phủ		Tính dễ gia công uốn	Độ bền chống ăn mòn sau khi uốn
		Gợn sóng	Chạy	Xỉ	Khác		Các đầu cắt	Bề mặt được phủ		
Ví dụ	36	○	○	○		◎	◎	○	○	○
	37	◎	○	○		○	○	○	◎	◎
	38	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	39	○	○	○		◎	◎	○	○	◎
	40	◎	○	○		○	○	○	◎	◎
	41	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	42	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	43	○	○	○		◎	◎	○	○	○
Ví dụ so sánh	4	×	○	×		◎	◎	×	×	△
Ví dụ	44	○-△	×	○		◎	◎	△	○	○
	45	○-△	×	○		◎	◎	△	○	○
	46	○	○	○		◎	◎	○	○	○
	47	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	48	◎	○	○		◎	◎	○	○	○

49	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○
50	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○
51	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○
52	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○
53	◎	○	×		○	○	○	△	○	○	○
54	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○

[Bảng 12]

		Hình dạng bên ngoài				Độ bền chống ăn mòn để trần	Độ bền chống ăn mòn sau khi phủ		Tính dễ gia công uốn	Độ bền chống ăn mòn sau khi uốn
		Gợn sóng	Chạy	Xỉ	Khác		Các đầu cắt	Bề mặt được phủ		
Ví dụ	55	◎	○	○		◎	◎	○	◎	◎
	56	◎	○	○		◎	◎	○	◎	◎
	57	◎	○	○		◎	◎	○	◎	◎
	58	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	59	◎	○	○		◎	○	○	◎	◎
	60	◎	○	○		◎	○	○	◎	◎
	61	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	62	◎	○	○		◎	◎	○	○	○
	63	◎	○	○		○	○	○	◎	◎
	64	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	65	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	66	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	67	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎
	68	◎	○	○		◎	◎	○	○	◎

69	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	◎
70	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	○
71	◎	○	○		◎	◎	○	○	○	○	◎
72	◎	○	○	Thô vảy	○	◎	○	○	○	○	○
73	◎	○	×		△	○	○	○	○	○	△

(Đánh giá việc xử lý hóa già vượt mức)

Việc xử lý hóa già vượt mức được thực hiện trên cuộn thép tấm được nhúng nóng theo ví dụ 5 trong khi thay đổi nhiệt độ giữ t (°C) và thời gian giữ y (giờ). Kết quả được đánh giá như được thể hiện dưới đây.

◎ : không có sự dính bám giữa các lớp mạ trong cuộn và tính dễ gia công được cải thiện

○: không có sự dính bám giữa các lớp mạ trong cuộn, nhưng tính dễ gia công không được cải thiện

×: có sự dính bám giữa các lớp mạ trong cuộn

Kết quả được thẻ hiện trên biểu đồ ở FIG.10. Trục hoành của biểu đồ này thể hiện nhiệt độ giữ t (°C), còn trục tung thể hiện thời gian giữ y (giờ). Kết quả đánh giá đối với mỗi nhiệt độ giữ và thời gian giữ được thể hiện tại các vị trí tương ứng với nhiệt độ giữ t (°C) và thời gian giữ y (giờ) được sử dụng trong thử nghiệm được thể hiện trên biểu đồ. Diện tích được phân ranh giới bằng các đường nét đứt trên biểu đồ là diện tích trong đó nhiệt độ giữ t (°C) và thời gian giữ y (giờ) thỏa mãn công thức (1) sau:

$$5{,}0 \times 10^{22} \times t^{-10{,}0} \leq y \leq 7{,}0 \times 10^{24} \times t^{-10{,}0} \qquad (1)$$

(trong đó $150 \leq t \leq 250$)

Danh sách dấu hiệu chỉ dẫn

1 Vật nền thép

2 Bể mạ nhúng nóng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Thép được nhúng nóng bao gồm nền thép có lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm được tạo ra trên đó,

lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa Al, Zn, Si và Mg là các nguyên tố thành phần của nó, trong đó:

lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa từ 0,1% đến 10% trọng lượng Mg, lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa từ 0,2% đến 15% thể tích pha Si-Mg, và

tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg là 3% hoặc cao hơn, và

lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm còn chứa 0,02% trọng lượng đến 1,0% trọng lượng Cr làm nguyên tố thành phần của nó,

không còn các chỗ lồi có chiều cao lớn hơn 200μm và độ dốc lớn hơn 1,0 trên bề mặt của lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm.

2. Thép được nhúng nóng theo điểm 1, trong đó lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm nêu trên chứa 25% đến 75% trọng lượng Al, và 0,5% đến 10% trọng lượng Si so với Al; và

tỷ lệ trọng lượng của Si so với Mg nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300.

3. Thép được nhúng nóng theo điểm 1 hoặc 2, trong đó lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm còn chứa ít nhất một nguyên tố trong số Ti và B với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 1,0% trọng lượng.

4. Thép được nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm còn chứa 1ppm đến 100ppm trọng lượng Sr.

5. Thép được nhúng nóng điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó hàm lượng Mg trong vùng có đường kính 4mm và độ sâu 50nm trong lớp ngoài cùng của lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm có độ sâu 50nm này nhỏ hơn 60% trọng lượng.

6. Thép được nhúng nóng điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó hàm lượng Cr trong lớp ngoài cùng của lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm có độ sâu 50nm nằm trong khoảng từ 100ppm trọng lượng đến 500ppm trọng lượng.

7. Thép được nhúng nóng điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó lớp hợp kim chứa Al và Cr được bố trí giữa lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm và nền thép,

và tỷ lệ trọng lượng của Cr trong lớp hợp kim so với tỷ lệ trọng lượng của Cr trong lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm là nằm trong khoảng từ 2 đến 50.

8. Thép được nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa pha Si-Mg ở bề mặt của nó với tỷ lệ diện tích bề mặt là nhỏ hơn hoặc bằng 30%.

9. Phương pháp sản xuất thép được nhúng nóng theo điểm 1, phương pháp này bao gồm các bước sau:

chuẩn bị bể mạ nhúng nóng chứa các thành phần hợp kim bao gồm:

25% đến 75% trọng lượng Al,

0,1% đến 10% trọng lượng Mg,

0,02% đến 1,0% trọng lượng Cr,

0,5% đến 10% trọng lượng Si tính theo Al,

lppm đến 100ppm trọng lượng Sr,

0,1% đến 1,0% trọng lượng Fe,

phần còn lại là Zn,

tỷ lệ trọng lượng giữa Si với Mg nằm trong khoảng từ 100:50 đến 100:300;

cho nền thép đi qua bể mạ nhúng nóng này để kết tủa kim loại mạ nhúng nóng lên bề mặt của nó; và

hóa rắn kim loại mạ nhúng nóng này để tạo thành lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm trên bề mặt của nền thép,

trong đó lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm này chứa 0,2% đến 15% thể tích pha Si-Mg, trong đó tỷ lệ trọng lượng của Mg trong pha Si-Mg so với tổng trọng lượng của Mg là lớn hơn hoặc bằng 3%, và trong đó không còn các chỗ lồi có chiều cao lớn hơn 200μm và độ dốc lớn hơn 1,0 trên bề mặt của lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm.

10. Phương pháp theo điểm 9, trong đó bể mạ nhúng nóng còn chứa từ 100ppm đến 5000ppm trọng lượng Ca.

11. Phương pháp theo điểm 9 hoặc 10, trong đó bể mạ nhúng nóng còn chứa ít nhất một nguyên tố trong số Ti và B với lượng nằm trong khoảng từ 0,0005% đến 0,1% trọng lượng.

12. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 11, trong đó bể mạ

nhúng nóng này được giữ ở nhiệt độ không cao hơn quá 40°C so với nhiệt độ bắt đầu hóa rắn của thành phần hợp kim nêu trên.

13. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 12, trong đó nền thép được chuyển từ bể mạ nhúng nóng vào môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp, sau đó quy trình làm sạch bằng khí được thực hiện để điều chỉnh lượng kim loại mạ nhúng nóng kết tủa trên nền thép trong môi trường không oxy hóa hoặc môi trường oxy hóa thấp này trước khi kim loại mạ nhúng nóng này được hóa rắn.

14. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 9 đến 13, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước giữ nền thép được phủ lớp mạ hợp kim nhôm-kẽm đã nêu ở nhiệt độ giữ t (°C) trong khoảng thời gian giữ y (giờ) được xác định theo công thức (1) sau:

$$5{,}0 \times 10^{22} \times t^{-10{,}0} \leq y \leq 7{,}0 \times 10^{24} \times t^{-10{,}0} \qquad (1)$$

(trong đó $150 \leq t \leq 250$).

FIG.1

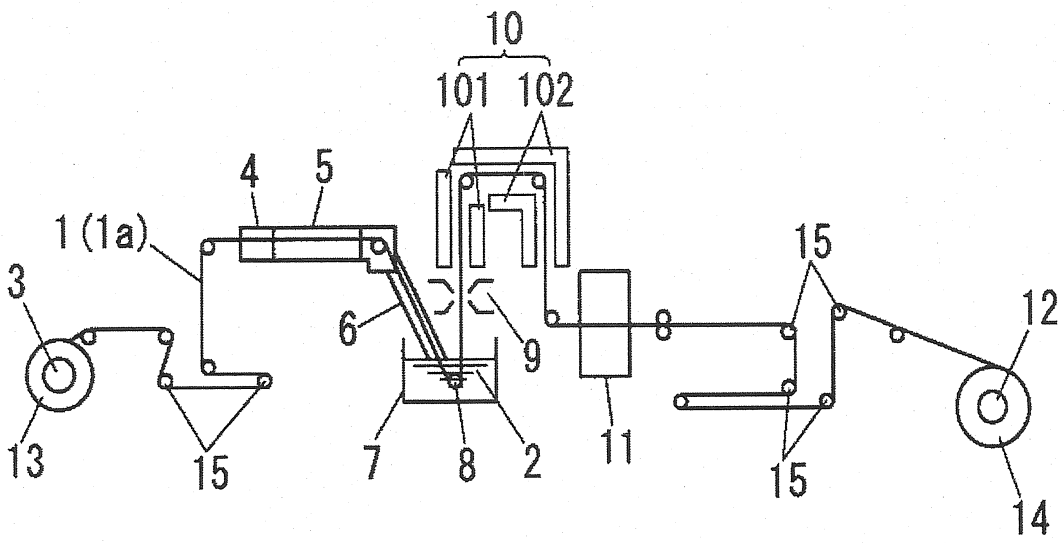


FIG.2

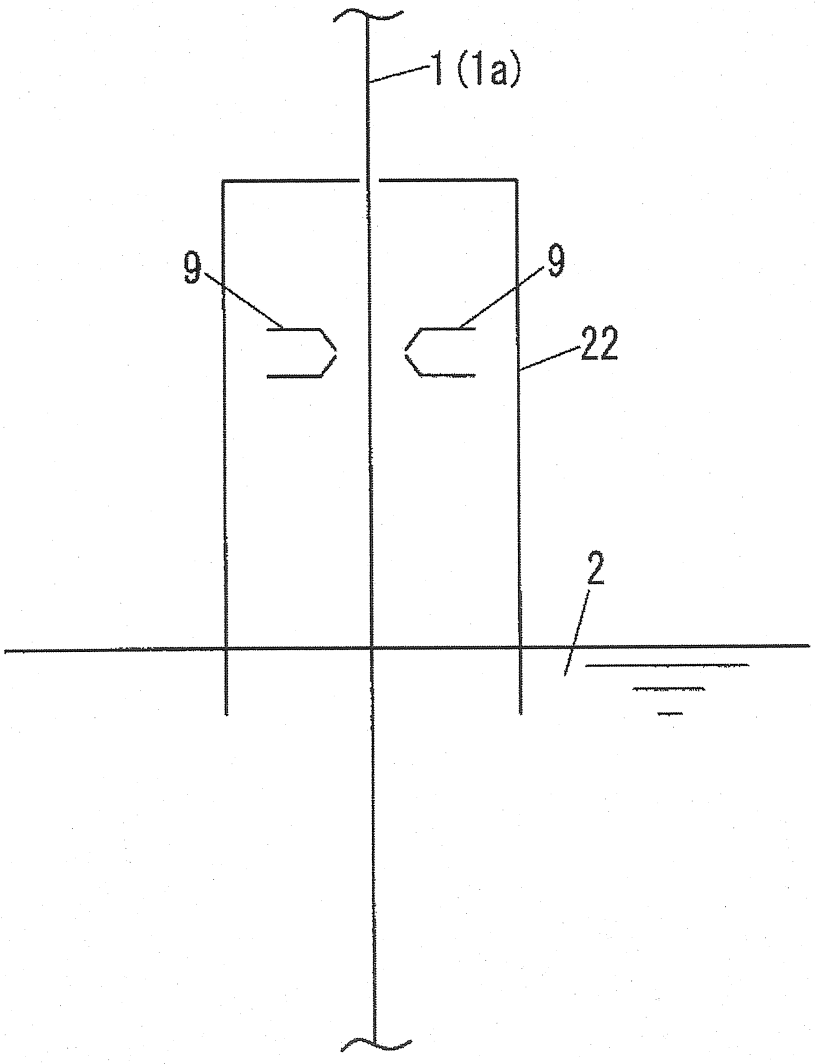


FIG.3A

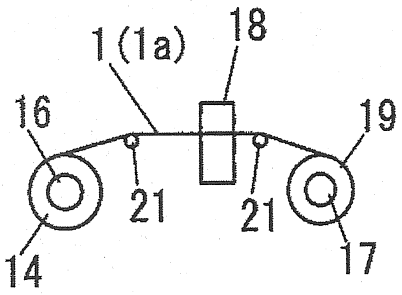


FIG.3B

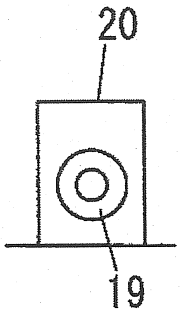
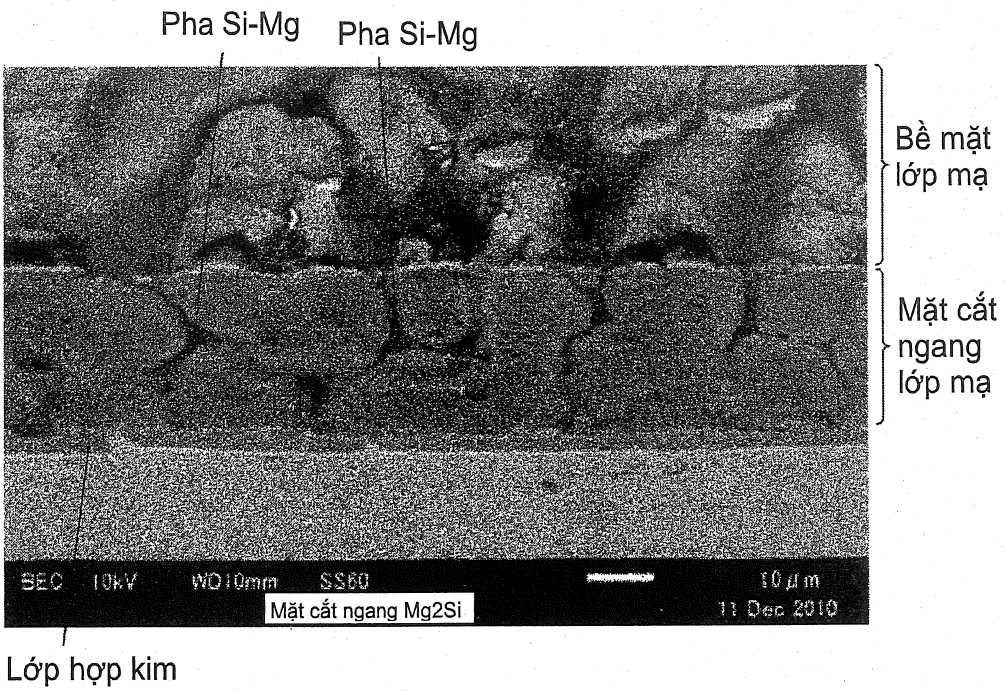


FIG.4A


Pha Si-Mg
Pha Si-Mg
Bề mặt lớp mạ
Mặt cắt ngang lớp mạ
SEC 10kV WD10mm SS60
10 µm
Mặt cắt ngang Mg2Si
11 Dec 2010
Lớp hợp kim

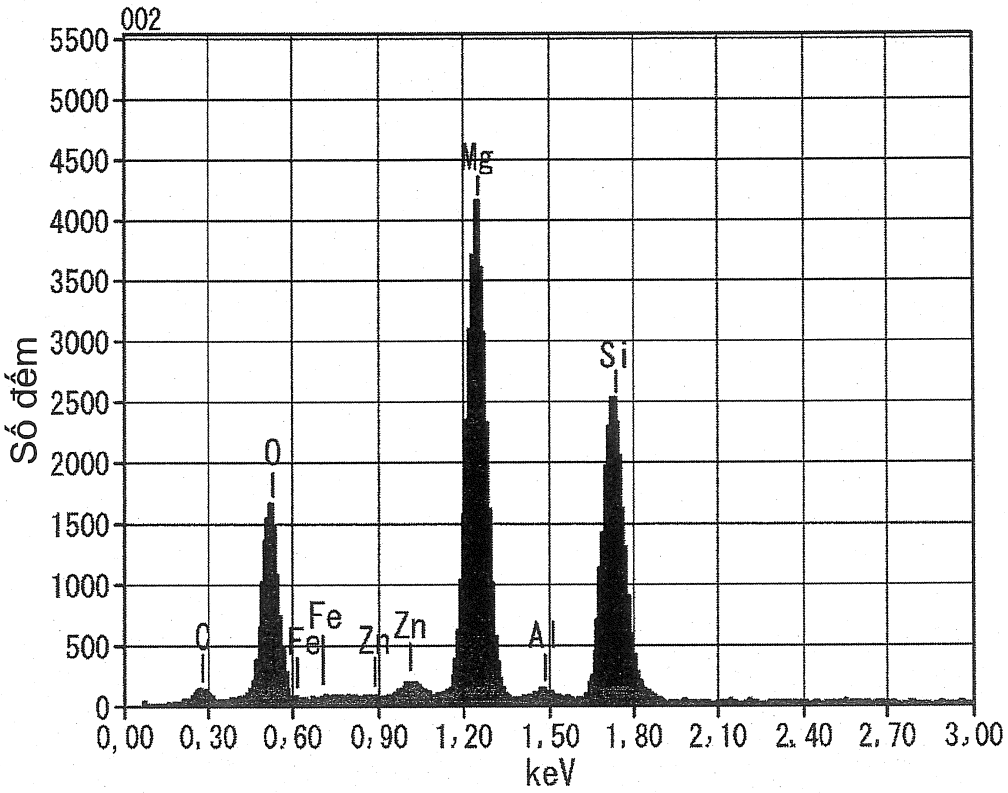

002
Số đếm
5500
5000
4500
4000
3500
3000
2500
2000
1500
1000
500
0
Mg
Si
O
C
Fe
Fe
Zn
Zn
Al
0,00 0,30 0,60 0,90 1,20 1,50 1,80 2,10 2,40 2,70 3,00
keV

FIG.5A

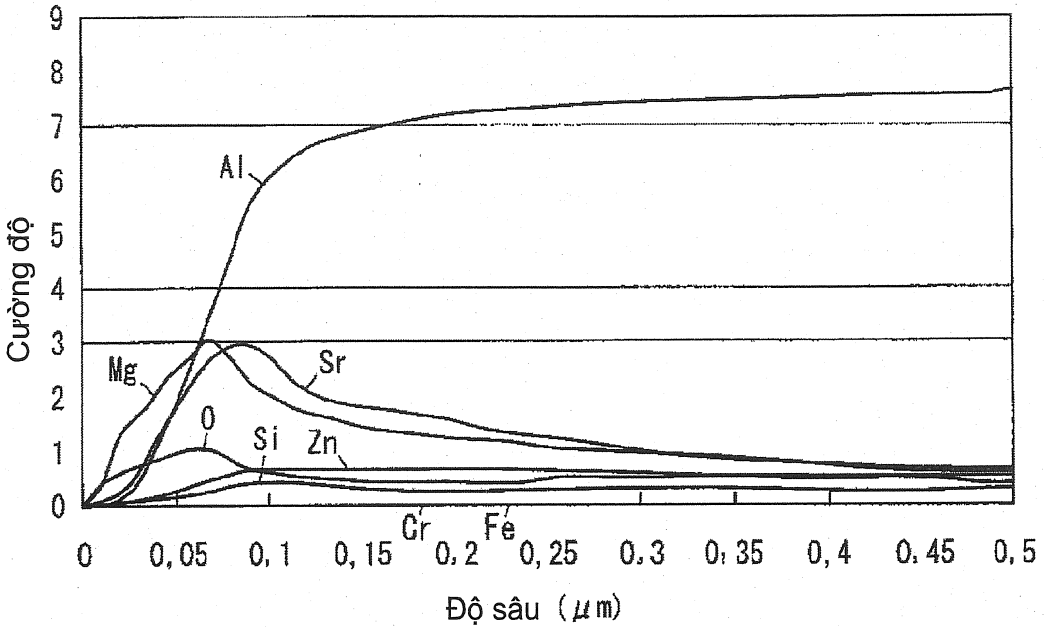

Cường độ
Al
Mg
Sr
O
Si
Zn
Cr
Fe
Độ sâu (μm)

FIG.5B

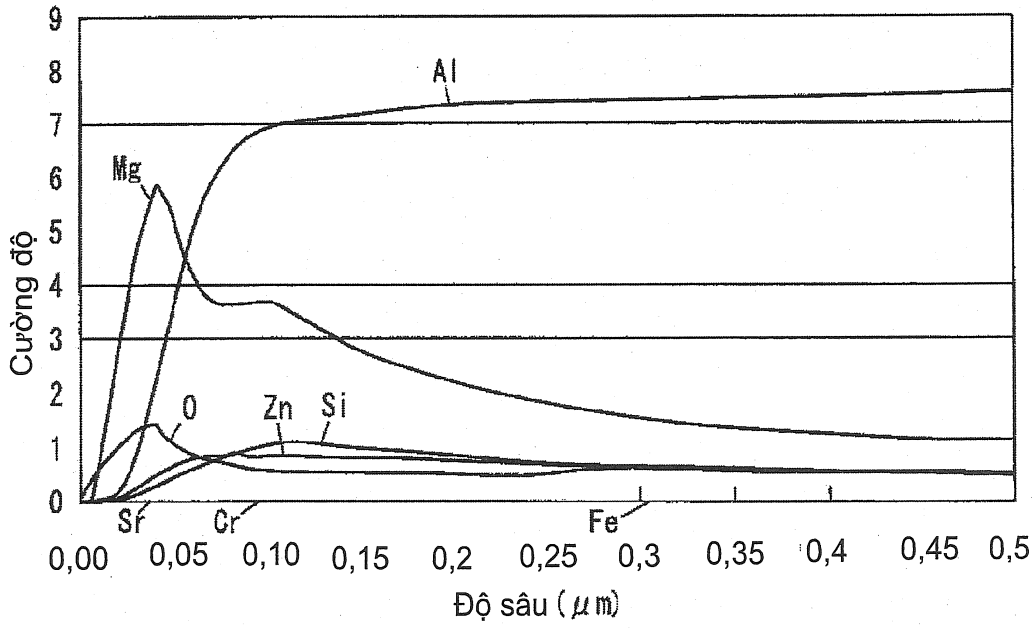

Cường độ
Al
Mg
O
Zn
Si
Sr
Cr
Fe
Độ sâu (μm)

FIG.6

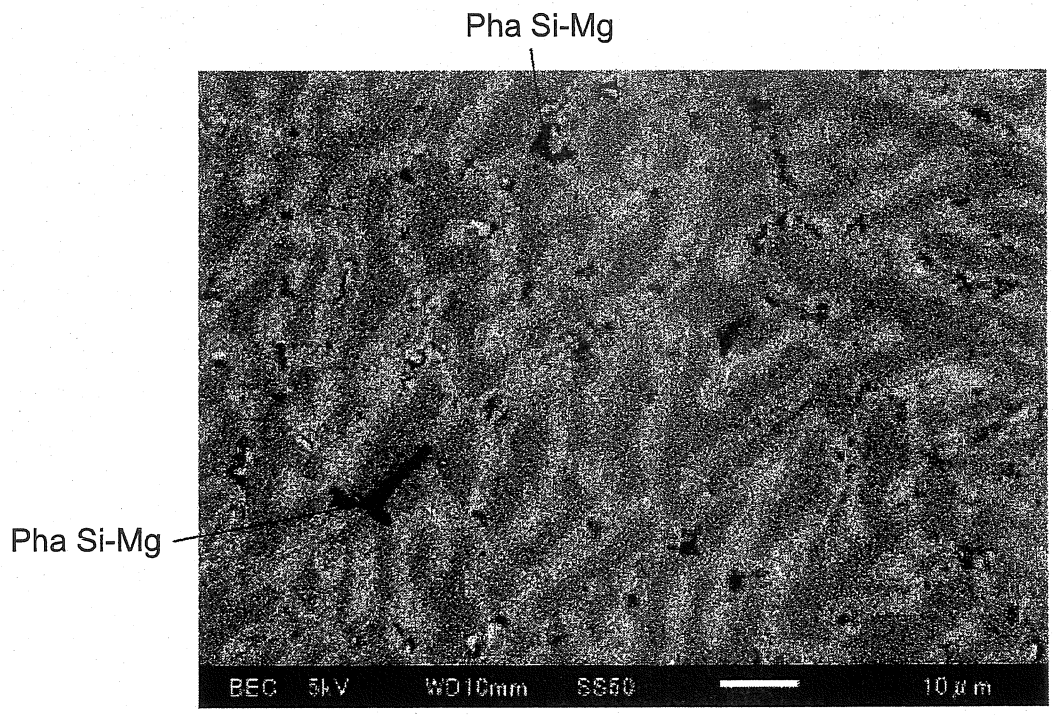


FIG.7A

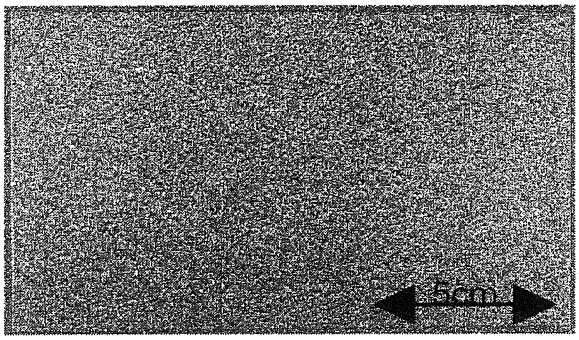


FIG.7B

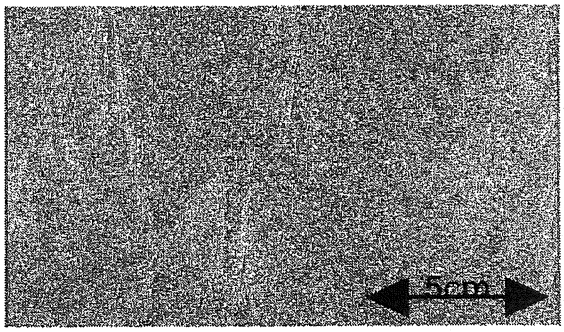


FIG.8A

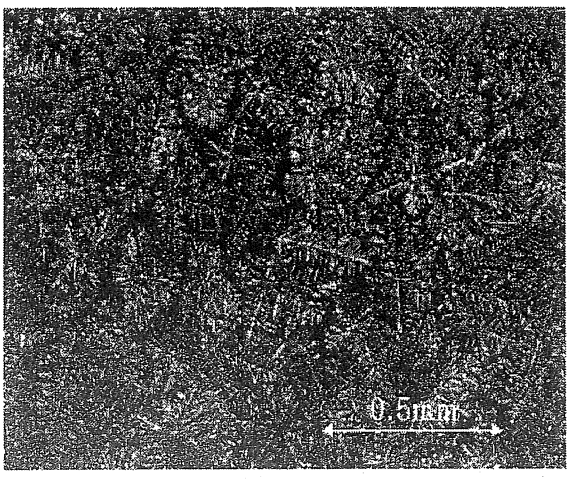


FIG.8B

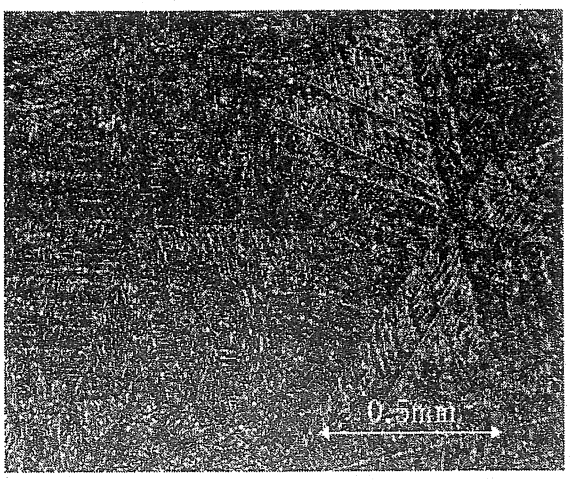


FIG.9

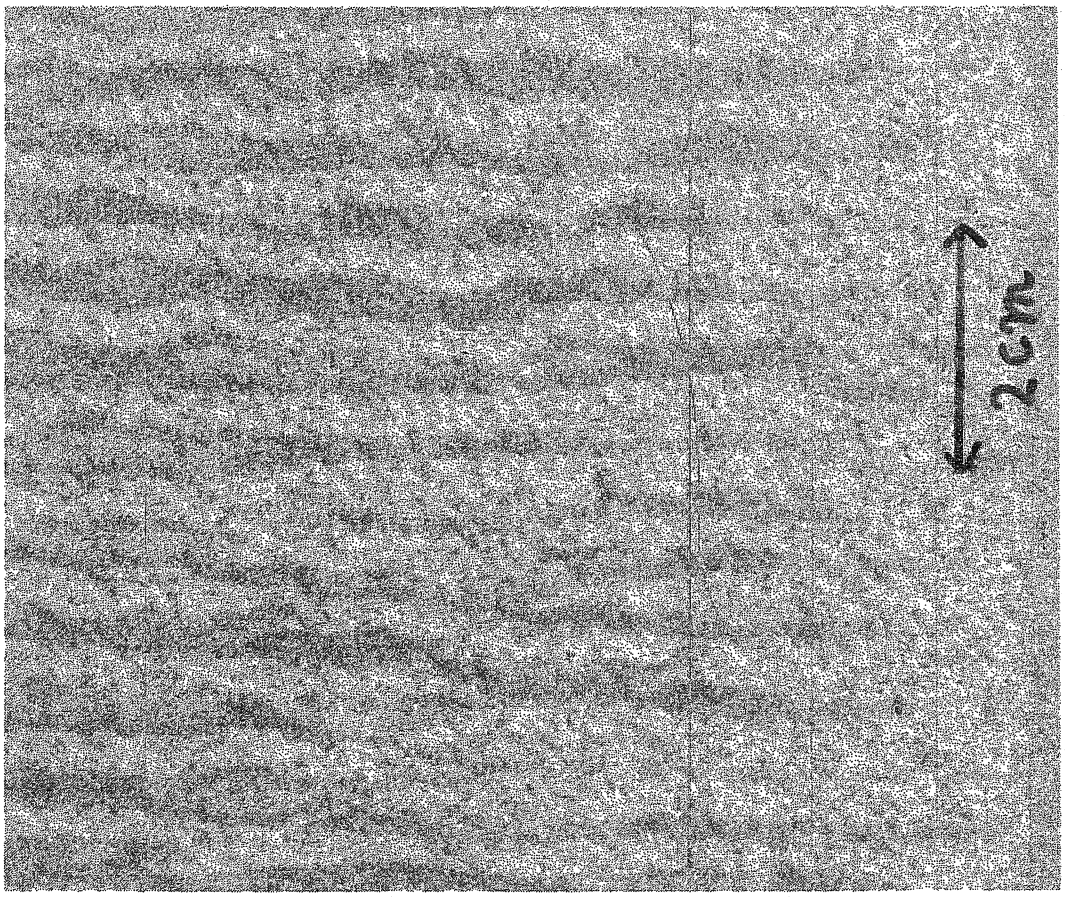
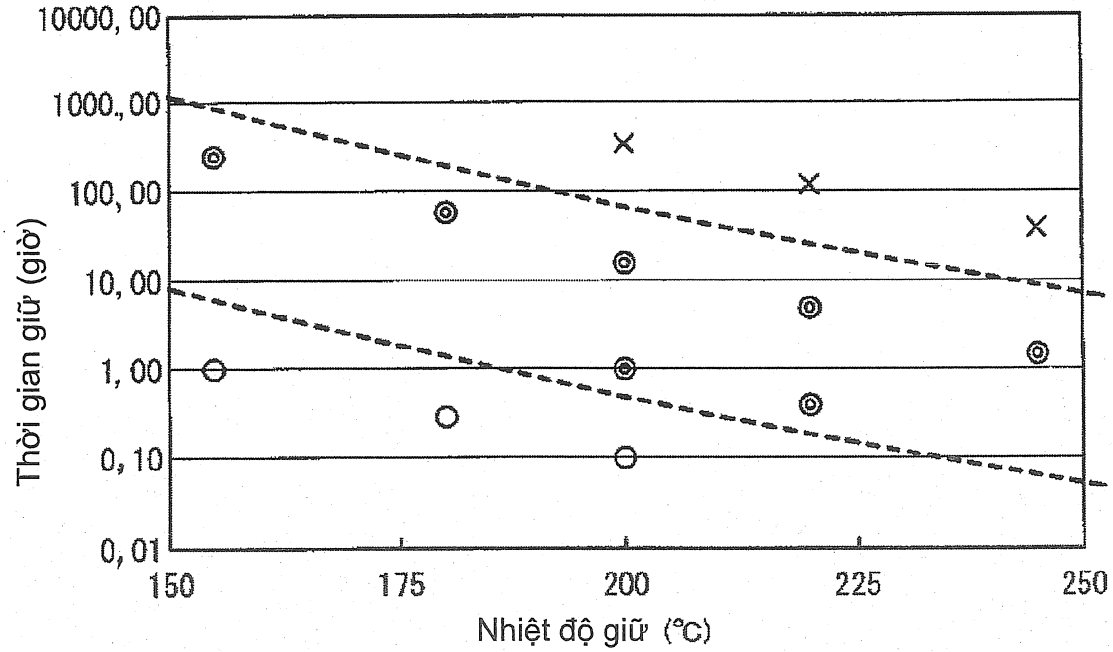

2 cm

FIG.10


10000, 00
1000, 00
100, 00
10, 00
1, 00
0, 10
0, 01
Thời gian giữ (giờ)
150
175
200
225
250
Nhiệt độ giữ (°C)