



- (12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẰNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ  
(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)   
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ 1-0047435  
(51)<sup>2022.01</sup> C23C 2/06; C23C 2/14; C23C 2/28; (13) B  
C23C 2/12
- 

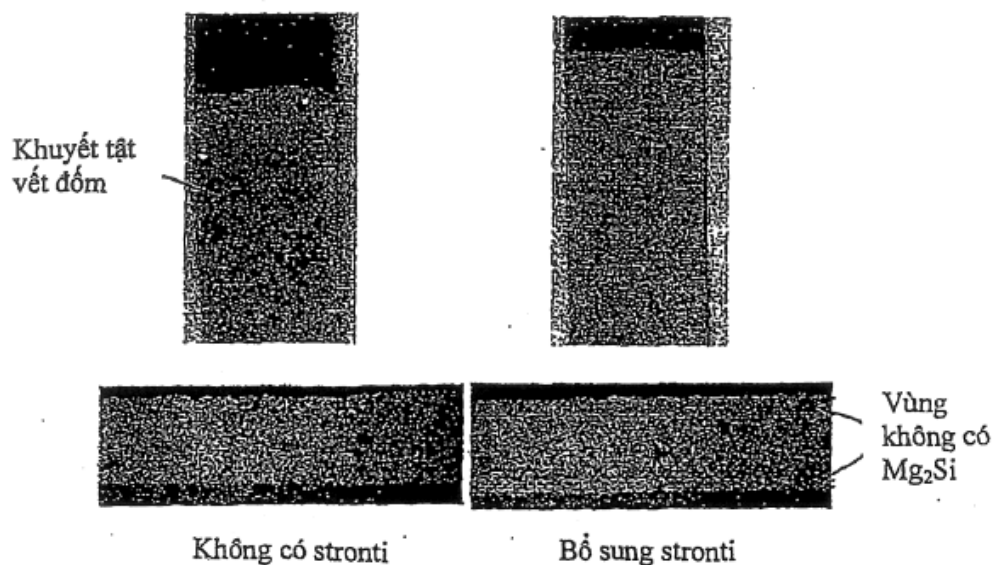
- (21) 1-2022-08341 (22) 13/03/2009  
(62) 1-2022-00972  
(86) PCT/AU2009/000305 13/03/2009 (87) WO 2009/111842 A1 17/09/2009  
(30) 2008901224 13/03/2008 AU; 2008901223 13/03/2008 AU  
(45) 25/06/2025 447 (43) 25/08/2023 425A  
(73) BLUESCOPE STEEL LIMITED (AU)  
Level 11, 120 Collins Street, Melbourne, Victoria 3000, Australia  
(72) LIU, Qiyang (AU); RENSHAW, Wayne (AU); WILLIAMS, Joe (AU).  
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)
- 

- (54) PHƯƠNG PHÁP MẠ BẰNG CÁCH NHÚNG NÓNG ĐỂ TẠO RA LỚP MẠ HỢP  
KIM AL-ZN-SI-MG TRÊN DẢI THÉP

(21) 1-2022-08341

(57) Sáng chế đề cập đến dải thép có lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg, lớp mạ này có các hạt  $Mg_2Si$  trong cấu trúc tế vi của lớp mạ. Sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  sao cho bề mặt lớp mạ chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất hầu như không có bất kỳ các hạt  $Mg_2Si$ . Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng để tạo ra lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg trên dải thép.

FIG. 1



### **Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập**

Sáng chế đề cập đến dải thép, cụ thể là dải thép có lớp mạ hợp kim kim loại chịu ăn mòn.

Sáng chế cụ thể đề cập đến lớp mạ hợp kim kim loại chịu ăn mòn, lớp mạ này chứa nhôm-kẽm-silic-magie làm nguyên tố chính trong hợp kim, và sau đây cơ bản được gọi là "hợp kim Al-Zn-Si-Mg". Lớp mạ hợp kim có thể chứa các nguyên tố khác có mặt làm các chất bổ sung hợp kim hóa có chủ ý hoặc làm các tạp chất không thể tránh khỏi. Do đó, thuật ngữ "hợp kim Al-Zn-Si-Mg" được hiểu là bao hàm các hợp kim mà chứa các nguyên tố khác và các nguyên tố khác có thể là các chất bổ sung hợp kim hóa có chủ ý hoặc dưới dạng các tạp chất không thể tránh khỏi.

Sáng chế cụ thể đề cập đến, nhưng không dành riêng cho, dải thép được mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg mô tả ở trên và có thể được tạo hình nguội (cụ thể là tạo hình bằng cách cán) thành thành phẩm, như các sản phẩm để lợp.

Diễn hình, hợp kim Al-Zn-Si-Mg bao gồm các nguyên tố nhôm, kẽm, silic và magie với lượng nằm trong các khoảng sau đây theo % trọng lượng:

|        |              |
|--------|--------------|
| Nhôm:  | 40 đến 60 %  |
| Kẽm:   | 40 đến 60 %  |
| Silic: | 0,3 đến 3%   |
| Magie  | 0,3 đến 10 % |

Diễn hình, lớp mạ hợp kim kim loại chịu ăn mòn được tạo ra trên dải thép nhờ phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng.

### **Tình trạng kỹ thuật của sáng chế**

Trong phương pháp mạ kim loại bằng cách nhúng nóng thông thường, dải thép nói chung đi qua một hoặc nhiều lò xử lý nhiệt và sau đó vào và qua bể hợp

kim kim loại nóng chảy được giữ trong nồi mạ. Lò xử lý nhiệt, lò này ở sát ngay nồi mạ có một vòi phụt kéo dài xuống dưới tới vị trí dưới bề mặt trên của bể.

Hợp kim kim loại thường được duy trì nóng chảy ở nồi mạ bằng cách sử dụng các cảm biến nhiệt. Dải thép thường thoát ra khỏi nồi lò xử lý nhiệt qua phần đầu ra có dạng máng xả của nồi lò thon dài hoặc vòi phun nhúng sâu vào trong bể. Bên trong bể, dải thép đi qua một hoặc nhiều con lăn chìm và đi lên theo phương thẳng đứng khỏi bể và được mạ hợp kim kim loại khi dải thép đi qua bể.

Sau khi rời khỏi bể mạ, dải thép mạ hợp kim kim loại đi qua trạm kiểm soát độ dày lớp mạ, như trạm dao khí hoặc trạm làm sạch bằng khí, tại đó, các bề mặt đã mạ của nó được phụt khí làm sạch để kiểm soát độ dày của lớp mạ.

Dải thép mạ hợp kim kim loại sau đó đi qua bộ phận làm nguội và được làm nguội cưỡng bức.

Dải thép mạ hợp kim kim loại đã nguội sau đó tùy ý có thể được xử lý lần cuối bằng cách cho dải thép mạ liên tục qua bộ phận cán qua da (cũng đã biết dưới dạng bộ phận cán tô) và bộ phận san bằng độ căng. Dải thép đã xử lý lần cuối được cuộn lại ở trạm cuộn.

Lớp mạ hợp kim kim loại 55%Al đã biết là lớp mạ hợp kim kim loại dùng cho dải thép. Sau khi đông cứng, lớp mạ hợp kim kim loại 55%Al thường bao gồm các tinh thể nhánh cây  $\alpha$ -Al và pha  $\beta$ -Zn ở các vùng liên tinh thể nhánh cây của lớp mạ.

Đã biết bổ sung silic vào hợp phần hợp kim mạ để ngăn ngừa sự tạo hợp kim quá mức giữa nền thép và lớp mạ nóng chảy trong phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng. Phần silic chiếm một phần tư lớp hợp kim tạo thành, nhưng phần lớn các chất kết tủa silic có dạng hình kim, các hạt silic tinh khiết trong lúc đông cứng. Các hạt silic có dạng hình kim cũng có mặt ở các vùng liên tinh thể nhánh cây của lớp mạ.

Các tác giả cũng phát hiện ra rằng khi Mg có trong hợp phần mạ hợp kim 55%Al-Zn-Si, Mg mang lại các hiệu quả có lợi nhất định lên tính năng sản phẩm,

như sự bảo vệ các mép cắt gia tăng, bằng cách thay đổi bản chất của các sản phẩm ăn mòn tạo thành.

Tuy nhiên, các tác giả sáng chế cũng phát hiện ra rằng, Mg phản ứng với Si để tạo thành pha  $Mg_2Si$  và sự tạo thành pha  $Mg_2Si$  có hại đến các hiệu quả có lợi nêu trên của Mg theo một số cách.

Một cách cụ thể, sáng chế tập trung vào cách này, là khuyết tật bề mặt gọi là "hoa râm". Các tác giả đã phát hiện ra rằng hoa râm có thể xuất hiện trong các lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg dưới các điều kiện đông cứng nhất định. Sự tạo hoa râm liên quan đến sự có mặt của pha  $Mg_2Si$  trên bề mặt lớp mạ.

Cụ thể hơn, sự tạo hoa râm là khuyết tật mà một lượng lớn chùm hạt  $Mg_2Si$  thô có trên bề mặt lớp mạ, dẫn đến hình dạng bề mặt đầy vết bẩn, điều đó không thể chấp nhận được xét về mặt thẩm mỹ. Cụ thể hơn, các hạt  $Mg_2Si$  tạo chùm tạo ra vùng tối hơn có kích thước xấp xỉ từ 1 đến 5mm và cho sự không đồng nhất ở hình dáng bên ngoài của lớp mạ làm cho sản phẩm đã mạ không thích hợp để sử dụng, trong các ứng dụng mà hình dáng đồng nhất là quan trọng.

Phân mô tả trên không thể được lấy làm kiến thức chung phổ biến ở Úc hoặc bất kỳ nơi đâu.

### **Bản chất kỹ thuật của sáng chế**

Sáng chế đề xuất dải thép mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg, lớp mạ này có các hạt  $Mg_2Si$  có cấu trúc tế vi của lớp mạ với sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  sao cho bề mặt lớp mạ chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất hầu như không có bất kỳ các hạt  $Mg_2Si$ .

Các tác giả đã phát hiện ra rằng sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  trong cấu trúc tế vi mô tả ở trên của lớp mạ mang lại các lợi ích đáng kể và có thể thu được bằng một hoặc nhiều bước sau:

(a) bổ sung stronti trong hợp kim mạ,

(b) chọn tốc độ làm nguội trong lúc đông cứng dải thép mạ đối với khối lượng lớp mạ đã định (cụ thể là độ dày lớp mạ) thoát ra khỏi bề mạ; và

(c) giảm thiểu sự thay đổi độ dày của lớp mạ.

Các tác giả đã phát hiện ra rằng việc bổ sung Sr được mô tả chi tiết dưới đây kiểm soát các đặc tính phân bố của pha  $Mg_2Si$  theo hướng độ dày của lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg sao cho bề mặt lớp mạ chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$ , do vậy, rủi ro tạo hoa râm  $Mg_2Si$  thấp đáng kể.

Cụ thể, các tác giả đã phát hiện ra rằng khi Sr ít nhất 250 phần triệu, tốt hơn là, Sr nằm trong khoảng từ 250 đến 3000 phần triệu, được bổ sung vào bề mặt chứa hợp kim Al-Zn-Si-Mg, các đặc tính phân bố của pha  $Mg_2Si$  theo hướng độ dày lớp mạ được thay đổi hoàn toàn bằng chất bổ sung Sr từ sự phân bố mà không có mặt Sr trong bề mặt. Cụ thể, các tác giả đã phát hiện ra rằng việc bổ sung Sr kích thích sự hình thành bề mặt lớp mạ, chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc không có bất kỳ các hạt  $Mg_2Si$  và cuối cùng nguy cơ tạo hoa râm trên bề mặt thấp đáng kể.

Các tác giả cũng phát hiện ra rằng, bước chọn tốc độ làm nguội trong lúc đông cứng dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ dưới tốc độ làm nguội ngưỡng, điển hình dưới  $80^\circ C$ /giây đối với khối lượng lớp mạ thấp hơn  $100 g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt, kiểm soát các đặc tính phân bố của pha  $Mg_2Si$  sao cho bề mặt chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$ , do vậy, rủi ro tạo hoa râm  $Mg_2Si$  thấp.

Các tác giả cũng phát hiện ra rằng việc giảm thiểu các thay đổi độ dày lớp mạ kiểm soát các đặc tính phân bố của pha  $Mg_2Si$  sao cho bề mặt chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$ , do vậy, có rủi ro tạo hoa râm  $Mg_2Si$  thấp. Đó là trường hợp bổ sung Sr và chọn tốc độ làm nguội trong lúc đông cứng, cấu trúc tế vi của lớp mạ thu được là có lợi về hình dáng bên ngoài, sức chịu ăn mòn gia tăng và tính dẻo của lớp mạ gia tăng.

Sáng chế đề xuất dải thép mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg bao gồm lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg trên dải thép, có cấu trúc tế vi của lớp mạ bao gồm các hạt  $Mg_2Si$ , và có sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  sao cho chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc ít nhất về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$  trên bề mặt lớp mạ.

Tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  tại vùng bề mặt của lớp mạ có thể không cao hơn 10% trọng lượng của các hạt  $Mg_2Si$ .

Diễn hình, hợp kim Al-Zn-Si-Mg bao gồm các nguyên tố nhôm, kẽm, silic và magie với lượng nằm trong các khoảng sau đây theo % trọng lượng:

|        |              |
|--------|--------------|
| Nhôm:  | 40 đến 60 %  |
| Kẽm:   | 40 đến 60 %  |
| Silic: | 0,3 đến 3%   |
| Magie  | 0,3 đến 10 % |

Hợp kim Al-Zn-Si-Mg có thể chứa các nguyên tố khác, như, ví dụ bất kỳ một hoặc nhiều sắt, vanadi, crôm, và stronti.

Diễn hình, độ dày lớp mạ thấp hơn  $30\mu m$ .

Tốt hơn là, độ dày lớp mạ cao hơn  $7\mu m$ .

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr lớn hơn 250 phần triệu, việc bổ sung Sr thúc đẩy quá trình hình thành sự phân bố trên của các hạt  $Mg_2Si$  trong lớp mạ.

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr cao hơn 500 phần triệu.

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr cao hơn 1000 phần triệu.

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr thấp hơn 3000 phần triệu.

Lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg-Sr có thể chứa các nguyên tố khác như các bổ sung có chủ ý hoặc dưới dạng các tạp chất không thể tránh khỏi.

Tốt hơn là, có các thay đổi độ dày lớp mạ tối thiểu.

Theo sáng chế, phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng để tạo ra lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg chịu ăn mòn trên dải thép cũng được đề xuất, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước: cho dải thép qua bể mạ nhúng nóng, bể mạ này chứa Al, Zn, Si, Mg, và Sr lớn hơn 250 phần triệu và tùy ý các nguyên tố khác và tạo ra lớp mạ hợp kim trên dải thép, lớp mạ này có các hạt  $Mg_2Si$  trong cấu trúc tế vi của lớp mạ với sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  là sao cho chỉ có một tỷ lệ nhỏ

các hạt  $Mg_2Si$  hoặc về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$  trên bề mặt lớp mạ.

Tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  tại vùng bề mặt của lớp mạ có thể không cao hơn 10% trọng lượng của các hạt  $Mg_2Si$ .

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr cao hơn 500 phần triệu.

Tốt hơn là, lớp mạ chứa Sr ít nhất 1000 phần triệu.

Tốt hơn là, bề mạ nóng chảy chứa Sr thấp hơn 3000 phần triệu.

Lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg-Sr có thể chứa các nguyên tố khác như các bổ sung có chủ ý hoặc dưới dạng các tạp chất không thể tránh khỏi.

Theo sáng chế, phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng để tạo ra lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg chịu ăn mòn trên dải thép cũng được đề xuất, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước: cho dải thép qua bể mạ nhúng nóng, bể mạ này chứa Al, Zn, Si, và Mg và tùy ý các nguyên tố khác và tạo ra lớp mạ hợp kim trên dải thép, và làm nguội dải thép đã mạ thoát ra khỏi bể mạ trong khi làm đông cứng lớp mạ ở tốc độ được kiểm soát sao cho sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  trong cấu trúc tế vi của lớp mạ là sao cho chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  hoặc về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$  trên bề mặt lớp mạ.

Tỷ lệ nhỏ các hạt  $Mg_2Si$  tại vùng bề mặt của lớp mạ có thể không cao hơn 10% trọng lượng của các hạt  $Mg_2Si$ .

Tốt hơn là, phương pháp bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội đối với dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ thấp hơn tốc độ làm nguội ngưỡng.

Ở trạng thái bất kỳ định trước, bước chọn tốc độ làm nguội cần thiết liên quan đến độ dày lớp mạ (hoặc khối lượng lớp mạ).

Tốt hơn là, phương pháp bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội đối với dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ thấp hơn  $80^\circ C$ /giây đối với khối lượng lớp mạ tới  $75 g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt.

Tốt hơn là, phương pháp bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội đối với dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ thấp hơn  $50^\circ C$ /giây hoặc khối lượng lớp mạ nằm trong

khoảng từ 75 đến 100g/m<sup>2</sup> bề mặt dải thép ở một mặt.

Điện hình, phương pháp bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội ít nhất là 11°C/giây.

Lấy ví dụ, đối với lớp mạ có độ dày trung bình là 22μm, trong lúc đông cứng, tốt hơn, các tốc độ làm nguội là như sau:

- (a) 55°C/giây ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 600 đến 530°C,
- (b) 70°C/giây ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 530 đến 500°C, và
- (c) 80°C/giây ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 500 đến 300°C.

Bề mạ và lớp mạ trên dải thép được mạ trong bể có thể chứa Sr.

Theo sáng chế, phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng để tạo ra lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg chịu ăn mòn trên dải thép cũng được đề xuất, khác biệt ở chỗ, phương pháp này bao gồm các bước: cho dải thép qua bể mạ nhúng nóng, bể mạ này chứa Al, Zn, Si, và Mg và tùy ý các nguyên tố khác và tạo ra lớp mạ hợp kim trên dải thép với sự thay đổi nhỏ của độ dày lớp mạ sao cho sự phân bố các hạt Mg<sub>2</sub>Si trong cấu trúc tế vi của lớp mạ là sao cho chỉ có một tỷ lệ nhỏ các hạt Mg<sub>2</sub>Si hoặc về cơ bản không có các hạt Mg<sub>2</sub>Si trên bề mặt lớp mạ.

Tỷ lệ nhỏ các hạt Mg<sub>2</sub>Si tại vùng bề mặt của lớp mạ có thể không cao hơn 10% trọng lượng của các hạt Mg<sub>2</sub>Si.

Tốt hơn là, sự thay đổi độ dày lớp mạ cần không lớn hơn 40% mặt cắt của lớp mạ có đường kính định trước là 5mm.

Tốt hơn nữa, sự thay đổi độ dày lớp mạ cần không lớn hơn 30% mặt cắt của lớp mạ có đường kính định trước là 5mm.

Ở trạng thái bất kỳ định trước, bước chọn sự thay đổi độ dày phù hợp liên quan đến độ dày lớp mạ (hoặc khối lượng lớp mạ).

Lấy ví dụ, đối với độ dày lớp mạ là 22μm, tốt hơn, độ dày tối đa của lớp mạ ở vùng mạ bất kỳ lớn hơn 1mm đường kính cần phải là 27μm.

Tốt hơn là, phương pháp bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội trong lúc

đồng cứng dải thép mạ thoát ra khỏi bề mạ thấp hơn tốc độ làm nguội nguội.

Bề mạ và lớp mạ trên dải thép được mạ trong bể có thể chứa Sr.

Phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng có thể là phương pháp đã biết mô tả ở trên hoặc phương pháp thích hợp bất kỳ khác.

Sáng chế có các lợi ích sau đây.

Giảm sự tạo khuyết tật hoa râm và tốc độ sản xuất lần đầu thứ nhất gia tăng. Nguy cơ tạo khuyết tật hoa râm ít nhất là về cơ bản được hạn chế và bề mặt lớp mạ thu được giữ nguyên vẻ đẹp, bề mặt kim loại sáng bóng. Kết quả là, tỷ lệ sản xuất lần đầu được gia tăng và khả năng sinh lời được nâng cao.

Việc ngăn ngừa sự tạo khuyết tật hoa râm bằng cách bổ sung Sr cho phép sử dụng tốc độ làm nguội cao, giảm chiều dài của của thiết bị làm nguội cần sau nồi mạ.

### **Mô tả vắn tắt hình vẽ**

Fig.1 thể hiện bổ sung Sr trong lớp mạ 55%Al-Zn-1,5%Si-2,0%Mg hạn chế khuyết tật tạo hoa râm trên bề mặt và thay đổi mẫu phân bố của pha  $Mg_2Si$  theo hướng độ dày lớp mạ.

### **Mô tả chi tiết sáng chế**

Fig.1 tóm tắt lại các kết quả một loạt các thử nghiệm được tiến hành bởi các tác giả sáng chế, hình vẽ này minh họa sáng chế.

Bên tay trái trên hình vẽ là hình chiếu bằng của nền thép đã mạ và mặt cắt ngang qua lớp mạ với lớp mạ hợp kim 55%Al-Zn-1,5%Si-2,0%Mg không có Sr. Lớp mạ không được tạo thành liên quan đến việc chọn tốc độ làm nguội trong lúc đông cứng và các thay đổi độ dày lớp mạ thảo luận ở trên.

Sự tạo hoa râm do hợp phần mạ này tạo ra được biểu thị bằng mũi tên trên hình chiếu bằng. Rõ ràng từ mặt cắt ngang là các hạt  $Mg_2Si$  được phân bố trong suốt độ dày lớp mạ. Đây là nhược điểm vì các lý do nói trên.

Bên tay phải trên hình vẽ là hình chiếu bằng của nền thép đã mạ và mặt cắt

ngang qua lớp mạ, với lớp mạ có hợp kim 55%Al-Zn-1,5%Si-2,0%Mg và 500 phần triệu Sr. Sự hoàn toàn không có việc tạo hoa râm được minh họa từ hình chiếu bằng. Ngoài ra, hình vẽ mặt cắt ngang minh họa các vùng bên trên và bên dưới ở bề mặt lớp mạ và ở giao diện với nền thép hoàn toàn không có các hạt  $Mg_2Si$ , với các hạt  $Mg_2Si$  có ở dải trung tâm của lớp mạ. Đây là điều có lợi vì các lý do nêu trên.

Các ảnh dưới kính hiển vi trên hình vẽ minh họa rõ ràng các lợi ích của việc bổ sung Sr vào hợp kim mạ Al-Zn-Si-Mg.

Các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm phát hiện ra rằng cấu trúc tế vi thể hiện ở bên tay phải trên hình vẽ được tạo ra có bổ sung Sr với lượng nằm trong khoảng từ 250 đến 3000 phần triệu.

Các tác giả cũng tiến hành một số thí nghiệm trên hợp phần hợp kim 55%Al-Zn-1,5%Si-2,0%Mg (không chứa Sr) mạ trên nền thép.

Mục đích của các thử nghiệm này là khảo sát ảnh hưởng của các tốc độ làm nguội và khối lượng lớp mạ lên sự tạo hoa râm trên bề mặt của các lớp mạ.

Các thí nghiệm tiến hành trong phạm vi khối lượng lớp mạ nằm trong khoảng từ 60 đến 100g/m<sup>2</sup> bề mặt ở một bên của dải thép, có tốc độ làm nguội lên đến 90°C/giây.

Các tác giả sáng chế phát hiện ra hai yếu tố ảnh hưởng đến cấu trúc tế vi của lớp mạ, cụ thể là sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  trong các lớp mạ, trong các thử nghiệm.

Yếu tố thứ nhất là hiệu quả của tốc độ làm nguội của dải thép thoát ra khỏi bể mạ trước khi hoàn thành sự đông cứng lớp mạ. Các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng việc kiểm soát tốc độ làm nguội làm có thể tránh được sự tạo hoa râm.

Lấy ví dụ, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng đối với lớp mạ nhóm AZ150 (hoặc 75g lớp mạ trên 1 m<sup>2</sup> bề mặt ở một bên của dải thép - theo tiêu chuẩn Úc AS1397-2001), nếu tốc độ làm nguội lớn hơn 80°C/giây, các hạt  $Mg_2Si$  được tạo ra trên bề mặt lớp mạ. Cụ thể, khi tốc độ làm nguội lớn hơn 100°C/giây, sự tạo

hoa râm xuất hiện.

Các tác giả cũng phát hiện ra rằng đối với cùng lớp mạ, điều mong muốn là tốc độ làm nguội phải đủ thấp, cụ thể dưới  $11^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ , như trong trường hợp lớp mạ phát triển cấu trúc khuyết tật dạng “cây tre”, bởi vậy các pha giàu kẽm tạo ra đường ăn mòn thẳng đứng từ bề mặt mạ tới bề mặt giao diện của thép, làm hại tính năng ăn mòn của lớp mạ.

Do đó, đối với lớp mạ nhóm AZ150, dưới các điều kiện thí nghiệm được thử nghiệm, tốc độ làm nguội cần được kiểm soát nằm trong khoảng từ 11 đến  $80^{\circ}\text{C}/\text{giây}$  để tránh sự tạo hoa râm trên bề mặt.

Mặt khác, các tác giả cũng phát hiện ra rằng đối với lớp mạ nhóm AZ200, nếu tốc độ làm nguội lớn hơn  $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ , các hạt  $\text{Mg}_2\text{Si}$  tạo ra trên bề mặt lớp mạ và sự tạo hoa râm xuất hiện.

Do đó, đối với lớp mạ nhóm AZ200, dưới các điều kiện thí nghiệm được thử nghiệm, tốc độ làm nguội nằm trong khoảng từ 11 đến  $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$  là điều mong muốn.

Yếu tố quan trọng thứ hai phát hiện bởi các tác giả sáng chế là sự không đồng nhất của độ dày lớp mạ ngang qua bề mặt dải thép.

Các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng lớp mạ trên bề mặt dải thép thường có sự thay đổi độ dày là (a) phạm vi dài (ngang theo bề rộng của toàn bộ dải thép, được đo bằng phương pháp “trọng lượng - dải thép - trọng lượng” trên đĩa có đường kính 50mm) và (b) phạm vi ngắn (ngang theo độ dài cứ 25mm theo hướng chiều rộng dải thép, được đo trên hình vẽ mặt cắt ngang của lớp mạ dưới kính hiển vi có độ khuếch đại 500 lần). Trong trường hợp sản xuất, sự thay đổi độ dày phạm vi dài thường được điều chỉnh để đáp ứng các yêu cầu trọng lượng lớp mạ tối thiểu khi xác định theo các tiêu chuẩn quốc gia tương ứng. Trong trường hợp sản xuất, cho đến nay các tác giả sáng chế được biết, không có quy định nào về sự thay đổi phạm vi ngắn, tới chừng mực các yêu cầu về trọng lượng lớp mạ tối thiểu khi xác định theo các tiêu chuẩn quốc gia tương ứng cần đáp ứng.

Tuy nhiên, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng các thay đổi phạm vi ngắn độ dày lớp mạ có thể rất lớn, và các phép đo vận hành đặc biệt cần được áp dụng để giữ các thay đổi dưới sự kiểm soát. Không là thông thường trong các thử nghiệm về độ dày lớp mạ thay đổi bởi một trong hai yếu tố hoặc hơn khoảng cách ngắn tới 5mm, thậm chí khi sản phẩm hoàn toàn đáp ứng các yêu cầu về trọng lượng lớp mạ tối thiểu khi xác định theo các tiêu chuẩn quốc gia tương ứng. Sự thay đổi độ dày lớp mạ trong phạm vi ngắn này có ảnh hưởng nổi bật lên các hạt  $Mg_2Si$  trên bề mặt của các lớp mạ.

Lấy ví dụ, các tác giả sáng chế phát hiện ra rằng đối với lớp mạ nhóm AZ150 thậm chí trong các phạm vi tốc độ làm nguội mong muốn mô tả ở trên, nếu sự thay đổi độ dày lớp mạ trong phạm vi ngắn lớn hơn 40% trên độ dày lớp mạ danh định trong khoảng cách 5mm ngang qua bề mặt dải thép, các hạt  $Mg_2Si$  được tạo ra trên bề mặt lớp mạ và do đó gia tăng rủi ro tạo hoa râm.

Do đó, dưới các điều kiện thí nghiệm được thử nghiệm, sự thay đổi độ dày lớp mạ trong phạm vi ngắn cần được kiểm soát không lớn hơn 40% trên độ dày lớp mạ danh định ở khoảng cách 5mm ngang qua bề mặt dải thép để tránh tạo hoa râm.

Các nghiên cứu của các tác giả sáng chế đến sự đông cứng của các lớp mạ Al-Zn-Si-Mg, nghiên cứu này kỹ lưỡng và được mô tả ở phần trên, giúp các tác giả hiểu biết hơn về sự tạo hình pha  $Mg_2Si$  ở lớp mạ và các yếu tố ảnh hưởng sự phân bố của nó trong lớp mạ. Trong lúc các tác giả không muốn bị ràng buộc bởi các thảo luận sau đây, hiểu biết này được đề cập dưới đây.

Khi lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg được làm nguội đến nhiệt độ ở quanh nhiệt độ  $560^{\circ}C$ , pha  $\alpha$ -Al là pha đầu tiên tạo hạt nhân. Pha  $\alpha$ -Al sau đó lớn lên thành dạng tinh thể hình kim. Khi pha  $\alpha$ -Al lớn lên, Mg và Si, cùng với nguyên tố tan khác, không qua pha lỏng nóng chảy và do vậy chất lỏng nóng chảy còn lại trong các vùng liên tinh thể hình kim có nhiều trong Mg và Si.

Khi việc làm giàu Mg và Si trong các vùng liên tinh thể hình kim đạt một mức nhất định, pha  $Mg_2Si$  bắt đầu tạo hình, mức ràng buộc tương ứng với nhiệt độ quanh nhiệt độ  $465^{\circ}C$ . Để đơn giản hóa, giả sử rằng vùng liên tinh thể hình kim

ngay sát bề mặt ngoài của lớp mạ là vùng A và vùng liên tinh thể hình kim sắt lớp hợp kim gồm bốn thành phần ở bề mặt dải thép là vùng B. Cũng giả sử rằng mức làm giàu trong Mg và Si là giống như ở vùng A như trong vùng B.

Ở nhiệt độ 465°C hoặc thấp hơn, pha  $Mg_2Si$  có cùng xu hướng tạo hạt nhân ở vùng A như trong vùng B. Tuy nhiên, các nguyên lý luyện kim vật lý cho các tác giả biết là, một pha mới tốt hơn tạo hạt nhân tại vị trí, ngay lúc đó năng lượng tự do của hệ thống thu được là tối thiểu. Pha  $Mg_2Si$  thường sẽ tạo hạt nhân, tốt hơn là, trên lớp hợp kim gồm bốn thành phần ở vùng B tạo ra bề mặt không chứa Sr (vai trò của Sr với các lớp mạ chứa Sr được thảo luận dưới đây). Các tác giả tin rằng theo các nguyên lý nêu trên, trong đó có sự tương tự nhất định trong cấu trúc mắt cáo của tinh thể giữa pha hợp kim liên bốn thành phần và pha  $Mg_2Si$ , ưu đãi sự tạo hạt nhân của pha  $Mg_2Si$  bằng cách giảm thiểu sự gia tăng bất kỳ trong hệ thống không năng lượng. Khi so sánh, đối với pha  $Mg_2Si$  để cấu tạo hạt nhân trên oxit trên bề mặt lớp mạ ở vùng A, sự gia tăng trong hệ thống không năng lượng sẽ trở nên lớn hơn.

Khi cấu tạo hạt nhân ở vùng B, pha  $Mg_2Si$  lớn lên, rãnh dẫn chất lỏng nóng chảy tại các vùng liên tinh thể hình kim, về phía vùng A. Tại mặt trước lớn lên của pha  $Mg_2Si$  (vùng C), pha lỏng nóng chảy trở nên bị nghèo trong Mg và Si (tùy thuộc vào các hệ số phân cách của Mg và Si giữa pha lỏng và pha  $Mg_2Si$ ), so sánh với hệ số ở vùng A. Do vậy, sự ghép đôi khuếch tán giữa vùng A và vùng C. Nói cách khác, Mg và Si ở pha lỏng nóng chảy sẽ khuếch tán từ vùng A đến vùng C. Lưu ý rằng, sự lớn lên của pha  $\alpha-Al$  ở vùng A có nghĩa là vùng A thường giàu Mg và Si và xu hướng đối với pha  $Mg_2Si$  để cấu tạo hạt nhân ở vùng A thường thoát ra do pha lỏng được "làm nguội không đúng mức" liên quan đến pha  $Mg_2Si$ .

Dù pha  $Mg_2Si$  là để cấu tạo hạt nhân ở vùng A, hoặc Mg và Si cần giữ khuếch tán từ vùng A đến vùng C hay không, tùy thuộc vào mức giàu Mg và Si ở vùng A, thích đáng với nhiệt độ nội tại, đến lượt nó tùy thuộc vào sự cân bằng giữa lượng Mg và Si không qua vùng đó do sự lớn lên của pha  $\alpha-Al$  và lượng Mg và Si di chuyển khỏi vùng đó do khuếch tán. Thời gian dành cho sự khuếch tán

cũng không bị giới hạn, khi quy trình tạo hạt nhân  $Mg_2Si$ /lớn lên được hoàn thành ở nhiệt độ quanh  $380^\circ C$ , trước khi phản ứng  $L \rightarrow Al-Zn$  eutectic xảy ra, trong đó  $L$  biểu thị pha lỏng nóng chảy.

Các tác giả đã phát hiện ra rằng việc kiểm soát sự cân bằng giữa thời gian dành cho sự khuếch tán và khoảng cách khuếch tán đối với  $Mg$  và  $Si$  có thể kiểm soát sự tạo hạt nhân tiếp theo hoặc sự lớn lên của pha  $Mg_2Si$  hoặc sự phân bố cuối cùng của pha  $Mg_2Si$  theo hướng độ dày lớp mạ.

Cụ thể, các tác giả đã phát hiện ra rằng đối với độ dày lớp mạ đã đông đặc, tốc độ làm nguội cần được điều chỉnh tới phạm vi cụ thể, và cụ thể hơn là không vượt quá nhiệt độ ngưỡng, để tránh rủi ro đối với pha  $Mg_2Si$  để cấu tạo hạt nhân ở vùng A. Sở dĩ như vậy là do đối với độ dày lớp mạ đã đông đặc (hoặc khoảng cách khuếch tán dường như không đổi giữa các vùng A và C), tốc độ làm nguội cao hơn sẽ dẫn động pha  $\alpha-Al$  để lớn lên nhanh hơn, dẫn đến nhiều  $Mg$  và  $Si$  không qua pha lỏng ở vùng A và sự làm giàu lớn của  $Mg$  và  $Si$ , hoặc rủi ro cao đối với pha  $Mg_2Si$  để tạo hạt nhân, ở vùng A (đó là điều không mong muốn).

Mặt khác, đối với tốc độ làm nguội đã đặt, lớp mạ mỏng (hoặc vùng mạ nội tại mỏng) sẽ gia tăng khoảng cách khuếch tán giữa vùng A và vùng C, dẫn đến một lượng nhỏ  $Mg$  và  $Si$  có thể di chuyển từ vùng A đến vùng C nhờ khuếch tán trong khoảng thời gian đã đặt và đến lượt mình làm giàu lớn  $Mg$  và  $Si$ , hoặc rủi ro cao đối với pha  $Mg_2Si$  để tạo hạt nhân, ở vùng A (đó là điều không mong muốn).

Trên thực tế, các tác giả phát hiện ra rằng, để thu được sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  theo sáng chế, cụ thể để tránh sự tạo khuyết tật hoa râm trên bề mặt của dải thép thứ hai, tốc độ làm nguội đối với dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ nằm trong khoảng từ  $11$  đến  $80^\circ C/giây$  đối với khối lượng lớp mạ trên  $75g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt và nằm trong khoảng từ  $11$  đến  $50^\circ C/giây$  hoặc khối lượng lớp mạ nằm trong khoảng từ  $75-100g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt. Sự thay đổi độ dày lớp mạ trong phạm vi ngắn cũng cần phải được điều khiển không lớn hơn  $40\%$  trên độ dày lớp mạ danh định trong khoảng cách  $5mm$  ngang qua bề mặt dải thép để thu được sự phân bố của các hạt  $Mg_2Si$  theo sáng chế.

Các tác giả sáng chế cũng phát hiện ra rằng, khi Sr có ở bề mặt, các động lực mô tả ở trên của sự tạo hạt nhân  $Mg_2Si$  có thể chịu ảnh hưởng đáng kể. Ở các mức hàm lượng Sr nhất định, Sr phân ly mạnh thành lớp hợp kim bốn thành phần (cụ thể thay đổi tính hóa học của pha hợp kim bốn thành phần). Sr cũng thay đổi các đặc tính của sự oxi hóa bề mặt lớp mạ nóng chảy, dẫn đến lớp oxit trên bề mặt mỏng trên bề mặt lớp mạ. Các thay đổi này luân phiên đáng kể các vị trí tạo hạt nhân ưu tiên đối với pha  $Mg_2Si$  và, kết quả là, mẫu phân bố của pha  $Mg_2Si$  theo hướng độ dày lớp mạ. Cụ thể, các tác giả phát hiện ra rằng, Sr có hàm lượng nằm trong khoảng từ 250 đến 3000 phần triệu trên bề mặt làm cho hầu như là không thể đối với pha  $Mg_2Si$  để cấu tạo hạt nhân trên lớp hợp kim bốn thành phần hoặc trên oxit trên bề mặt, có thể được do mức gia tăng rất cao trong hệ thống không năng lượng sẽ được sinh ra theo cách khác. Thay vào đó, pha  $Mg_2Si$  có thể chỉ tạo hạt nhân ở vùng trung tâm của lớp mạ theo phương chiều dày, dẫn đến cấu trúc lớp mạ, cấu trúc này về cơ bản không có  $Mg_2Si$  ở cả vùng bề mặt ngoài của lớp mạ và vùng sát bề mặt thép. Do đó, bổ sung Sr nằm trong khoảng từ 250 đến 3000 phần triệu được đề xuất là một trong số các phương tiện hữu hiệu để thu được sự phân bố mong muốn của các hạt  $Mg_2Si$  trong lớp mạ.

Nhiều cải biến có thể được thực hiện đối với sáng chế như mô tả ở trên mà không trệt khỏi mục đích và phạm vi của sáng chế.

Theo ngữ cảnh này, trong lúc phần mô tả nêu trên của sáng chế tập trung vào (a) chất bổ sung Sr vào hợp kim mạ Al-Zn-Si-Mg, (b) các tốc độ làm nguội (đối với khối lượng lớp mạ định trước) và (c) việc kiểm soát thay đổi độ dày lớp mạ ở phạm vi gần như phương tiện để đạt được sự phân bố mong muốn của các hạt  $Mg_2Si$  trong các lớp mạ, cụ thể ít nhất về cơ bản không có các hạt  $Mg_2Si$  ở bề mặt lớp mạ, sáng chế không bị giới hạn và mở rộng tới việc sử dụng phương tiện phù hợp bất kỳ để thu được sự phân bố mong muốn của các hạt  $Mg_2Si$  trong lớp mạ.

### **Các ví dụ thực hiện sáng chế**

Các tác giả tiến hành các thử nghiệm trong phòng thí nghiệm một loạt hợp phần hợp kim 55%Al-Zn-1,5%Si-2,0%Mg có tới 3000 phần triệu Sr mạ trên nền

thép.

Mục đích của các thử nghiệm này là khảo sát ảnh hưởng của Sr đến sự tạo hoa râm trên bề mặt của các lớp mạ.

## YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Phương pháp mạ bằng cách nhúng nóng để tạo lớp mạ hợp kim Al-Zn-Si-Mg chịu ăn mòn ở trên dải thép, khác biệt ở chỗ, phương pháp này gồm có các bước sau đây: cho dải thép đi qua bể mạ nhúng nóng chứa Al, Zn, Si, và Mg, và tạo ra lớp mạ hợp kim trên dải thép, cho dải thép đã được mạ từ bể mạ đi qua trạm kiểm soát độ dày lớp mạ, và cho dải thép đã được mạ đi qua bộ phận làm nguội và làm nguội dải thép đã được mạ, và điều khiển để tạo lớp mạ hợp kim ở trên dải thép với sự thay đổi độ dày lớp mạ là không lớn hơn 40% mặt cắt của lớp mạ có đường kính định trước là 5mm để sự phân bố các hạt  $Mg_2Si$  trong cấu trúc tế vi lớp mạ sao cho không có lớn hơn 10% trọng lượng của các hạt  $Mg_2Si$  trong bề mặt của lớp mạ, trong đó hợp kim Al-Zn-Si-Mg chứa, tính theo % trọng lượng, các nguyên tố nhôm, kẽm, silic và magie với lượng nằm trong các khoảng sau đây:

|        |                |
|--------|----------------|
| nhôm:  | 40 đến 60%;    |
| kẽm:   | 40 đến 60%;    |
| silic: | 0,3 đến 3%; và |
| magie  | 0,3 đến 10%.   |

2. Phương pháp theo điểm 1, trong đó sự thay đổi độ dày lớp mạ không lớn hơn 30% mặt cắt của lớp mạ có đường kính định trước là 5mm.

3. Phương pháp theo điểm 1 hoặc 2, trong đó đối với độ dày lớp mạ là  $22\mu m$ , độ dày tối đa của lớp mạ ở vùng mạ bất kỳ là lớn hơn 1mm ở đường kính là  $27\mu m$ .

4. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội để dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ thấp hơn  $80^\circ C$ /giây đối với khối lượng lớp mạ lên đến  $75 g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt.

5. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó phương pháp này còn bao gồm bước chọn tốc độ làm nguội để dải thép mạ thoát ra khỏi bể mạ thấp hơn  $50^\circ C$ /giây đối với khối lượng lớp mạ nằm trong khoảng từ 75 đến  $100 g/m^2$  bề mặt dải thép ở một mặt.

6. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó lớp mạ chứa Sr với lượng nhiều hơn 250 phần triệu, với sự bổ sung Sr thúc đẩy sự phân bố các hạt  $Mg_2Si$  trong lớp mạ.

7. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó lớp mạ chứa Sr với lượng nhỏ hơn 3000 phần triệu.

FIG. 1

