



(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)



1-0038712

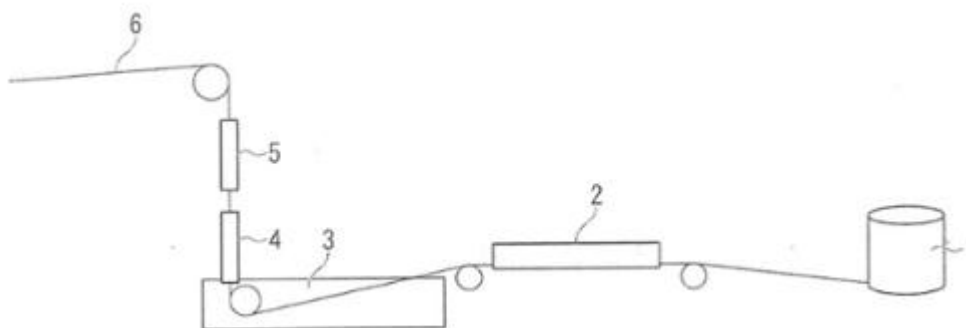
(51)^{2020.01} C23C 2/06; C22C 38/00; C23C 2/38;
C23C 2/26; C22C 18/04

(13) B

- (21) 1-2020-04041 (22) 20/12/2018
(86) PCT/JP2018/046961 20/12/2018 (87) WO 2019/124485 A1 27/06/2019
(30) 2017-243434 20/12/2017 JP
(45) 26/02/2024 431 (43) 26/10/2020 391A1
(73) 1. NIPPON STEEL CORPORATION (JP)
6-1, Marunouchi 2-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 100-8071 Japan
2. J-WITEX CORPORATION (JP)
300, Tsutsumi, Kaizuka-shi, Osaka 597-0054 Japan
(72) Junichi KODAMA (JP); Yoshitaka NISHIKAWA (JP); Kimijiro SHIRABE (JP);
Shinji SUMITANI (JP); Masanori YAMAMOTO (JP).
(74) Công ty TNHH một thành viên Sở hữu trí tuệ VCCI (VCCI-IP CO.,LTD)

(54) DÂY THÉP MẠ KẼM NHÚNG NÓNG VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT DÂY THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến dây thép mạ kẽm nhúng nóng, trong đó dây thép này bao gồm: dây thép cán được mạ; và lớp mạ được phủ trên bề mặt của dây thép cán được mạ, trong đó hợp phần của lớp mạ nằm trong phạm vi đã được xác định trước, cấu trúc của lớp mạ có pha Zn chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90% theo % khối lượng với tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng từ 25% đến 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5 μ m theo kích thước hạt hình tròn tương đương với pha Zn nằm trong khoảng từ 20% đến 100%. Sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

[0001]

Sáng chế đề cập đến dây thép mạ kẽm nhúng nóng và phương pháp sản xuất dây thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

[0002]

Dây thép mạ kẽm nhúng nóng được sản xuất bằng cách sử dụng thanh dây thép cán nóng làm nguyên liệu được sản xuất bằng cách tẩy gỉ thanh dây thép sau khi đã được cán nóng, thực hiện tiếp quá trình xử lý mạ trên đó, giảm đường kính của vật liệu thu được bằng cách gia công biến dạng bằng khuôn và trục lăn, thực hiện quá trình xử lý hoạt hóa trên bề mặt của nó bằng cách tẩy bằng axit, xử lý bằng chất trợ dung, hoặc quá trình xử lý tương tự ở bước tiền xử lý mạ, và sau đó nhúng vật liệu thu được trong bể kim loại nóng chảy để tạo ra lớp mạ kim loại trên bề mặt của dây thép.

[0003]

Mục đích của bước mạ kẽm nhúng nóng chủ yếu là để cải thiện tính chống ăn mòn. Ở đây, lớp mạ kim loại nóng chảy của kẽm, hợp kim kẽm-nhôm (Al), hoặc chất tương tự được hình thành, và sự ăn mòn sắt được ngăn chặn bởi tác dụng bảo vệ thay thế của kẽm. Lớp mạ dày hơn, tính chống ăn mòn tốt hơn. Ngoài ra, tính chống ăn mòn được cải thiện bằng cách hợp kim hóa bằng Al và hợp phần khác. Cụ thể, với hợp phần mạ chứa một lượng nhỏ Mg cùng với Zn và Al, thu được tính chống ăn mòn cao. Tuy nhiên, hợp phần mạ chứa một lượng nhỏ Mg gây ra vấn đề trong đó khả năng gia công bị giảm do sự hình thành của hợp chất liên kim loại cứng chứa Zn và Mg. Nghĩa là, có vấn đề trong đó các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ hoặc sự bong tróc lớp mạ xuất hiện trong lúc quá trình gia công khác được thực hiện ở bước sau mạ để thu được sản phẩm. Vì lý do này, dây thép mạ kẽm nhúng nóng cần phải có không chỉ tính

chống ăn mòn mà còn khả năng gia công để sự bong tróc và các vết nứt của lớp mạ không xuất hiện trong quá trình gia công sau đó.

[0004]

Hơn nữa, khi các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ, có các trường hợp trong đó độ bền và tính dễ kéo sợi của dây thép mạ giảm. Để bảo đảm các đặc tính của sản phẩm, các dây thép mạ cũng cần phải có khả năng gia công vượt trội để các vết nứt không xuất hiện trong lớp mạ trong quá trình gia công.

[0005]

Vì vậy, nhiều loại bước mạ kẽm nhúng nóng chứa Mg, Zn, và Al để bảo đảm khả năng gia công và tính chống ăn mòn đã được đề xuất cho đến nay.

[0006]

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 đề xuất bước mạ cải thiện khả năng gia công bằng cách giảm chiều dày của lớp hợp kim chứa Fe ở mặt phân cách sắt nền. Tài liệu sáng chế 2 đề xuất cấu trúc mạ trong đó hợp chất liên kim loại $MgZn_2$ được phân tán để cải thiện tính chống ăn mòn. Các tài liệu sáng chế 3 và 4 đề xuất dây thép mạ giới hạn pha β ở mức nhỏ hơn hoặc bằng 20% và cải thiện khả năng gia công và tính chống ăn mòn.

[0007]

Tuy nhiên, ngay cả với các dây thép mạ này, trong trường hợp trong đó bước kéo dây được thực hiện sau khi mạ, sẽ khó loại bỏ hoàn toàn sự xuất hiện của các vết nứt nhỏ trong lớp mạ và sự bong tróc cục bộ của lớp mạ, và độ bền và tính dễ kéo sợi có thể giảm do hiện tượng gãy bắt đầu từ các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ là căn nguyên.

Tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

[0008]

Tài liệu sáng chế 1: Công bố thứ nhất của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm số 2003-155549

Tài liệu sáng chế 2: Công bố thứ nhất của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm số 2002-47548

Tài liệu sáng chế 3: Công bố thứ nhất của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm số 2002-30404

Tài liệu sáng chế 4: Công bố thứ nhất của đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản chưa xét nghiệm số 2002-30405

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

[0009]

Sáng chế đã được thực hiện dựa vào các trường hợp ở trên, và mục đích của sáng chế là đề xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng và phương pháp sản xuất dây thép này trong đó các vết nứt và sự bong tróc không xảy ra trong lớp mạ khi bước cuộn và kéo dây được thực hiện, và nhận được tính chống ăn mòn cao hơn so với dây thép mạ kẽm hoặc dây thép mạ Zn-Al nhúng nóng.

Phương tiện giải quyết vấn đề

[0010]

Ý chính của sáng chế là như sau.

(1) Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế bao gồm: dây thép cần được mạ; và lớp mạ được phủ trên bề mặt của dây thép cần được mạ, trong đó lớp mạ này bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn 1,00%, Al với lượng lớn hơn hoặc bằng 5,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%, Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%, Fe với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Pb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ca với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Co với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mo với lượng lớn hơn hoặc bằng

0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, P với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Bi với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Cr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, REM với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ni với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Zr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và phần còn lại gồm có Zn và các tạp chất, cấu trúc của lớp mạ có pha Zn chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90% theo % khối lượng với tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng từ 25% đến 70%, và tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5µm theo kích thước hạt hình tròn tương đương với pha Zn nằm trong khoảng từ 20% đến 100%.

(2) Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo mục (1), trong đó lớp mạ có thể bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%.

(3) Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo mục (1) hoặc (2), trong đó lớp mạ có thể bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hợp phần được chọn từ nhóm gồm có Fe với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Pb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ca với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Co với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mo với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, P với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Bi với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01%

và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Cr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và REM với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%.

(4) Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3), trong đó lớp mạ có thể bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều hợp phần được chọn từ nhóm gồm có Ni với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Zr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%.

(5) Phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo khía cạnh khác của sáng chế là phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4), bao gồm các bước: nhúng dây thép cần được mạ trong bể kim loại nóng chảy; rút dây thép cần được mạ ra khỏi bể; và sau đó làm nguội dây thép cần được mạ, trong đó, ở bước làm nguội này, sau khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của dây thép cần được mạ giảm xuống dưới nhiệt độ hoàn thành hóa rắn, bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ được bắt đầu, ở bước làm nguội này, sau khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ của dây thép cần được mạ giảm xuống dưới 280°C, bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ được dừng lại, và ở bước làm nguội này, tốc độ làm nguội trung bình của bề mặt của lớp mạ của dây thép cần được mạ được đặt đến nằm trong khoảng từ 50 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ bề mặt của lớp mạ ở thời điểm bắt đầu bước phun môi trường làm nguội đến 280°C.

Hiệu quả của sáng chế

[0011]

Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo sáng chế là dây thép mạ kẽm nhúng nóng trong đó sự rạn nứt hoặc sự bong tróc không xảy ra trong lớp mạ ngay cả khi bước cuộn hoặc kéo dây được thực hiện sau khi quá trình xử lý mạ kẽm, thu được tính chống ăn mòn cao, và độ bền và tính dễ kéo sợi không bị giảm xuống, nên việc áp

dụng với các sản phẩm mạ nhúng nóng khác nhau là có thể và khả năng gia công và tính chống ăn mòn là vượt trội, bằng cách đó đóng góp đáng kể cho ngành công nghiệp.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

[0012]

Fig.1 là sơ đồ bước sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế.

Mô tả chi tiết sáng chế

[0013]

Để giải quyết các vấn đề nêu trên, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chuyên sâu tác dụng của cấu trúc lớp mạ lên khả năng gia công và tính chống ăn mòn trong hợp phần mạ nhúng nóng chứa, theo % khối lượng, Mg với lượng nằm trong khoảng từ 0,10% đến 1,00%, Al với lượng nằm trong khoảng từ 5,0% đến 15,0%, và phần còn lại gồm có Zn và các tạp chất. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng các vết nứt của lớp mạ bị ảnh hưởng lớn bởi pha chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90%, và các vết nứt của lớp mạ có thể được giảm xuống bằng cách kiểm soát một cách thích hợp kích thước tinh thể của pha này.

Ngoài ra, các tác giả sáng chế cũng đã phát hiện ra rằng bằng cách ngăn chặn các vết nứt trong lớp mạ, sự giảm độ bền và sự giảm tính dễ kéo sợi của dây thép mạ kẽm nhúng nóng có thể được ngăn chặn.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã phát hiện ra rằng do hợp phần mạ theo sáng chế chứa Mg, thu được tính chống ăn mòn cao hơn so với dây thép mạ kẽm nhúng nóng được làm bằng Zn và Al, hoặc Zn, và hoàn thành sáng chế.

[0014]

Hơn nữa, phát hiện ra rằng bằng cách làm cho hợp phần mạ nhúng nóng tùy ý chứa Si ngoài Zn, Al, và Mg, sự hình thành của hợp chất liên kim loại FeAl ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ được ngăn chặn, và khả năng gia công được cải thiện

hơn nữa. Ngoài ra, phát hiện ra rằng bằng cách tùy ý bao gồm các nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có Fe, Sb, Pb, Sn, Ca, Co, Mn, P, B, Bi, Cr, REM, Ni, Ti, Zr, và Sr đơn lẻ hoặc phối hợp trong hợp phần mạ nhúng nóng, khả năng gia công và tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng được cải thiện hơn nữa.

[0015]

Trong cấu trúc hóa rắn của lớp mạ chứa Mg với lượng nằm trong khoảng từ 0,10% đến nhỏ hơn 1,00% trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế, pha có nồng độ Al cao được tạo ra dưới dạng pha chính khi bắt đầu hóa rắn, và sau đó pha chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90% (dưới đây, được gọi là pha Zn) và pha MgZn được hình thành.

Tại thời điểm này, pha MgZn cứng được phân bố và kết tủa ở biên hạt giữa pha Zn và pha chính Al. Pha MgZn duy trì tác dụng bảo vệ thay thế của pha Zn và hình thành lớp mạ bảo vệ ổn định, bằng cách đó cải thiện tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng. Vì vậy, sự phân bố mịn và đồng đều của pha MgZn có hiệu quả cải thiện tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng.

[0016]

Ngoài ra, để nghiên cứu diễn biến của các vết nứt trong lớp mạ, trạng thái xuất hiện của các vết nứt khi dây thép mạ được uốn cong ở đường kính bốn lần đường kính của dây và ứng suất được đặt vào được quan sát chi tiết. Kết quả là, phát hiện ra rằng mặc dù các vết nứt chủ yếu lan truyền qua các biên hạt của pha Zn từ lớp bề mặt, trong trường hợp trong đó pha Zn thô, các vết nứt có thể đứt gãy qua các hạt của pha Zn và lan truyền. Ngoài ra, phát hiện ra rằng trong trường hợp trong đó các hạt của pha Zn nhỏ, ngay cả khi các vết nứt lan truyền qua các biên hạt của pha Zn, các vết nứt này được hình thành rõ ràng là theo đường thẳng và tiếp cận bề mặt của dây thép cần được mạ. Trong trường hợp này, có mối quan tâm là sự giảm độ bền chống đứt gãy và sự giảm tính dễ kéo sợi có thể do ứng suất tập trung ở rãnh cắt gây ra. Hơn nữa, trong trường hợp trong đó các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ được kết nối ở mặt phân cắt sát

nền, lớp mạ có thể bị bong ra.

[0017]

Ở dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế, để ngăn chặn sự rạn nứt và sự bong tróc của lớp mạ trong quá trình gia công và để bảo đảm khả năng gia công và tính chống ăn mòn, sự có mặt của pha Zn và việc kiểm soát thích hợp sự phân bố của các kích thước hạt của nó là quan trọng. Để kiểm soát một cách thích hợp kích thước hạt của lớp mạ, quan trọng là kiểm soát nhiệt độ bắt đầu làm nguội và tốc độ làm nguội.

[0018]

Dưới đây, các phương án của sáng chế sẽ được mô tả.

[0019]

Dây thép cần được mạ

Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế có dây thép cần được mạ và lớp mạ đã xác định trước được tạo ra trên bề mặt của nó. Hợp phần của dây thép cần được mạ không bị giới hạn cụ thể, và có thể là, chẳng hạn, hợp phần của thanh dây thép cacbon thấp theo JIS G 3505:2017, thanh dây thép cacbon cao theo JIS G 3506:2017, và thanh dây đàn piano theo JIS G 3502:2013. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế là, chẳng hạn, dây thép mạ kẽm nhúng nóng thu được bằng cách sử dụng nguyên liệu cán nóng có hợp phần như vậy làm nguyên liệu, gia công nguội một cách thích hợp trên đó, và sau đó hình thành lớp mạ nhúng nóng trên bề mặt của nó.

[0020]

Hợp phần của lớp mạ

Dưới đây, đơn vị “%” trong hợp phần của lớp mạ là “% khối lượng”.

[0021]

Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn 1,00%

Mg có tác dụng làm ổn định các sản phẩm ăn mòn và ngăn chặn quá trình ăn

mòn. Để thu được tác dụng ngăn chặn ăn mòn này, Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% là cần thiết làm hợp phần mạ. Mặt khác, khi hợp phần mạ chứa Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 1,00%, một lượng lớn các hợp chất liên kim loại ZnMg cứng được tạo ra, và lớp mạ trở nên cứng. Vì vậy, các vết nứt có xu hướng xuất hiện ở bước gia công dây thép mạ kẽm nhúng nóng, sự bong tróc lớp mạ có thể xảy ra cục bộ, và khả năng gia công có thể giảm xuống. Vì vậy, thích hợp hơn là đặt giới hạn trên của lượng Mg trong hợp phần mạ đến nhỏ hơn 1,00%. Lượng Mg trong hợp phần mạ có thể lớn hơn hoặc bằng 0,30%, lớn hơn hoặc bằng 0,40%, lớn hơn hoặc bằng 0,50%, lớn hơn hoặc bằng 0,60%, lớn hơn hoặc bằng 0,70%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,80%. Ngoài ra, lượng Mg trong hợp phần mạ có thể nhỏ hơn hoặc bằng 0,80%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,70%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,60%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,50%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,40%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,30%.

[0022]

Al với lượng lớn hơn hoặc bằng 5,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%

Giống như Mg, Al cũng có tác dụng làm ổn định các sản phẩm ăn mòn. Khi lượng Al trong hợp phần mạ nhỏ hơn 5,0%, tác dụng này bị giảm xuống, và trở nên khó thu được tác dụng cải thiện tính chống ăn mòn. Mặt khác, trong trường hợp trong đó lượng Al trong hợp phần mạ vượt quá 15,0%, tác dụng này bị bão hòa, và điểm nóng chảy của bề mạ bị tăng lên, nên sự oxy hóa của bề mặt dễ dàng xảy ra. Vì vậy, thích hợp hơn là đặt lượng Al trong hợp phần mạ đến nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%. Lượng Al trong hợp phần mạ có thể lớn hơn hoặc bằng 7,0%, lớn hơn hoặc bằng 7,5%, lớn hơn hoặc bằng 8,0%, lớn hơn hoặc bằng 9,0%, lớn hơn hoặc bằng 10,0%, lớn hơn hoặc bằng 11,0%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 12,0%. Lượng Al trong hợp phần mạ có thể nhỏ hơn hoặc bằng 12,0%, nhỏ hơn hoặc bằng 11,0%, nhỏ hơn hoặc bằng 10,0%, nhỏ hơn hoặc bằng 9,0%, nhỏ hơn hoặc bằng 8,0%, nhỏ hơn hoặc bằng 7,5%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 7,0%.

[0023]

Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%

Do Si không cần được chứa trong lớp mạ, giới hạn dưới của hàm lượng Si trong hợp phần mạ bằng 0%. Mặt khác, Si được chứa trong lớp mạ tạo ra Mg_2Si trong lớp mạ và do đó là nguyên tố có tác dụng cải thiện tính chống ăn mòn. Hơn nữa, Si có tác dụng ngăn chặn phản ứng giữa Fe và Al ở mặt phân cắt sắt nền, ngăn chặn tạo ra hợp chất liên kim loại chủ yếu gồm Fe và Al, và cải thiện khả năng gia công của dây thép mạ. Tuy nhiên, trong trường hợp trong đó lượng Si trong hợp phần mạ vượt quá 2,0%, tác dụng này bị bão hòa, nên không có lợi về chi phí. Vì vậy, hàm lượng Si trong hợp phần mạ được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%. Để chắc chắn thu được tác dụng nêu trên, hàm lượng Si trong hợp phần mạ tốt hơn là được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%, lớn hơn hoặc bằng 0,05%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 0,10%. Ngoài ra, hàm lượng Si trong hợp phần mạ có thể được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,00%, nhỏ hơn hoặc bằng 0,90%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 0,85%.

[0024]

Một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Fe với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Pb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ca với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Co với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, P với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Bi với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và REM với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Do không cần phải chứa Fe, Sb, Pb, Ca, Co, P, B, Bi, và REM trong lớp mạ, giới hạn dưới của các lượng của các nguyên tố này trong hợp phần mạ bằng 0%. Mặt khác, trong trường hợp trong đó một hoặc nhiều nguyên tố này được chứa trong lớp mạ, tính chống ăn mòn của lớp mạ được cải thiện hơn nữa. Tuy nhiên, ngay cả nếu mỗi trong số các nguyên tố này được chứa trong lớp mạ với lượng lớn hơn 1,0%, tác

dụng này bị bão hòa cũng như khả năng gia công bị giảm xuống, điều này là không có lợi về mặt chi phí. Vì vậy, các giới hạn trên của các lượng này trong trường hợp trong đó các nguyên tố tùy chọn này được chứa được xác định như đã mô tả ở trên. Để chắc chắn thu được tác dụng này, mong muốn là lượng mỗi trong số các nguyên tố được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

[0025]

Một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Cr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và Sn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Do không cần chứa Sr, Cr, Mn, và Sn trong lớp mạ, giới hạn dưới của các lượng của chúng trong hợp phần mạ bằng 0%. Mặt khác, trong trường hợp trong đó một hoặc nhiều nguyên tố trong số các nguyên tố này được chứa trong lớp mạ, có thể mong đợi sự cải thiện về tính chống ăn mòn của lớp mạ và sự cải thiện về khả năng gia công của lớp mạ. Tuy nhiên, khi lượng của chúng vượt quá 1,0%, sự thiên tích của các nguyên tố này gia tăng, và sự rạn nứt có thể dễ dàng xuất hiện trong quá trình gia công. Vì vậy, giới hạn trên được đặt đến 1,0%. Để chắc chắn thu được tác dụng này, thích hợp hơn là đặt hàm lượng của mỗi trong số các nguyên tố đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

[0026]

Mo với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Do không cần phải chứa Mo trong lớp mạ, giới hạn dưới của hàm lượng Mo trong hợp phần mạ bằng 0%. Mặt khác, trong trường hợp trong đó Mo được chứa trong lớp mạ, có thể mong chờ sự cải thiện về tính chống ăn mòn của lớp mạ và sự cải thiện về sức chống mài mòn của lớp mạ. Tuy nhiên, khi lượng của nó vượt quá 1,0%, lớp mạ trở nên cứng và khả năng gia công có thể bị giảm. Vì vậy, giới hạn trên của nó được đặt đến 1,0%. Để chắc chắn thu được tác dụng này, hàm lượng Mo tốt hơn là

được đặt đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

[0027]

Một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có Ni với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Ti với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, Zr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%

Do không cần phải chứa Ni, Ti, Zr và Sr trong lớp mạ, giới hạn dưới của các lượng của các nguyên tố này trong hợp phần mạ bằng 0%. Mặt khác, trong trường hợp trong đó các nguyên tố này được chứa trong lớp mạ, nguyên tố bất kỳ trong số các nguyên tố này có tác dụng kết tinh hợp chất liên kim loại với Al và cải thiện độ nhẵn bề mặt của dây thép mạ kẽm nhúng nóng. Tuy nhiên, khi các nguyên tố này được chứa trong lớp mạ với lượng lớn hơn 1,0%, ngược lại, lớp mạ bề mặt trở nên thô, và hình thức bên ngoài kém xuất hiện. Vì vậy, giới hạn trên của các lượng này trong trường hợp ở đó các nguyên tố tùy chọn này được chứa được đặt đến nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%. Để chắc chắn thu được tác dụng này, thích hợp hơn là đặt hàm lượng của mỗi trong số các nguyên tố này đến lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

[0028]

Phần còn lại của hợp phần của lớp mạ: gồm có Zn và các tạp chất

Trong hợp phần của lớp mạ, phần còn lại ngoài Mg và Al, và các nguyên tố tùy chọn Si, Fe, Sb, Pb, Sn, Ca, Co, Mo, Mn, P, B, Bi, Cr, REM, Ni, Ti, Zr, và Sr bao gồm Zn và các tạp chất. Các tạp chất là các nguyên tố được đưa vào từ các nguyên liệu kim loại thô nóng chảy hoặc do các yếu tố khác trong các bước sản xuất khi lớp mạ được sản xuất công nghiệp, và có nghĩa là những tạp chất này có thể chấp nhận được trong phạm vi không ảnh hưởng bất lợi đến dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế.

[0029]

Hợp phần của lớp mạ có thể được xác định bằng phương pháp sau đây. Mặt

cắt C của dây thép mạ (mặt cắt ngang vuông góc với hướng chiều dọc của dây thép mạ) được đánh bóng, và vùng của phân lớp mạ trên bề mặt được đánh bóng này được phân tích định lượng bằng máy phân tích đầu dò điện tử (electron probe micro analyzer, EPMA). Trong trường hợp trong đó lớp hợp kim được hình thành ở mặt phân cắt sắt nền, trong quá trình phân tích định lượng, phân lớp mạ không bao gồm lớp hợp kim là đối tượng phân tích. Trị số trung bình của các giá trị thu được bằng cách thực hiện phép đo này ở ba điểm được coi là hợp phần của lớp mạ của dây thép mạ.

[0030]

Cấu trúc của lớp mạ

Tỷ lệ có mặt của pha chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90% theo % khối lượng (pha Zn)

Trong cấu trúc của lớp mạ chứa Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,1% và nhỏ hơn 1,0%, và Al với lượng lớn hơn hoặc bằng 5,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%, trước tiên, pha chính chứa Al được tạo ra ở giai đoạn đầu khi bắt đầu quá trình hóa rắn, quá trình hóa rắn của lớp mạ diễn ra khi nhiệt độ của lớp mạ giảm xuống, và pha chủ yếu chứa Zn (pha Zn) và cấu trúc otectic chứa ZnMg (pha ZnMg) được tạo ra.

[0031]

Tại thời điểm này, pha Zn ít nhất có nồng độ Zn lớn hơn hoặc bằng 90%. Do pha Zn là pha mềm, khi tỷ lệ có mặt của nó với toàn bộ cấu trúc của lớp mạ nhỏ hơn 25% theo tỷ lệ diện tích, lớp mạ trở nên cứng và khả năng gia công của dây thép mạ kèm nhúng nóng bị giảm. Mặt khác, khi tỷ lệ có mặt của pha Zn với toàn bộ cấu trúc của lớp mạ vượt quá 70% theo tỷ lệ diện tích, pha Zn trở nên quá thừa, và đạt được tính chống ăn mòn tương đương với lớp mạ Zn, nên không thể thu được tác dụng cải thiện tính chống ăn mòn. Vì vậy, tỷ lệ có mặt của pha Zn với toàn bộ cấu trúc của lớp mạ nằm trong khoảng từ 25% đến 70% theo tỷ lệ diện tích. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ diện tích của pha Zn lớn hơn hoặc bằng 30%, lớn hơn hoặc bằng 35%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 40%. Tốt hơn nữa là, tỷ lệ diện tích của pha Zn nhỏ hơn hoặc bằng 80%, nhỏ hơn

hoặc bằng 70%, nhỏ hơn hoặc bằng 60%, hoặc 50%.

[0032]

Tỷ lệ có mặt của pha Zn có kích thước hạt đã xác định trước

Kích thước hạt của pha Zn, là pha chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90% theo % khối lượng, thay đổi phụ thuộc vào tốc độ làm nguội của lớp mạ trong giai đoạn sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng, và có sự phân bố trong một phạm vi nhất định. Trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội nhanh, pha Zn có kích thước hạt mịn, và trong trường hợp trong đó tốc độ làm nguội chậm, pha Zn có kích thước hạt thô.

[0033]

Khi quá trình gia công được thực hiện để đưa ứng suất vào trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng, có các trường hợp trong đó các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ. Khi các vết nứt xuất hiện trong lớp mạ tiệm cận mặt phân cách (mặt phân cách sắt nền) giữa lớp mạ và sắt nền (dây thép cần được mạ), các vết nứt lan truyền vào trong sắt nền và làm giảm độ bền, giảm tính dễ kéo sợi, và các thông số tương tự của thép bởi ứng suất tập trung ở rãnh cắt. Ngoài ra, khi các vết nứt lan truyền đến mặt phân cách sắt nền và được kết nối, sự bong tróc của lớp mạ có thể xuất hiện cục bộ. Trong trường hợp này, do sắt nền bị lộ ra ở phần bong tróc của lớp mạ, tính chống ăn mòn giảm xuống. Vì lý do này, lớp mạ cần phải không xuất hiện sự rạn nứt và sự bong tróc lớp mạ ngay cả khi quá trình gia công được thực hiện để đưa ứng suất vào.

[0034]

Sự xuất hiện rạn nứt và trạng thái lan truyền khi ứng suất tác động lên lớp mạ rất khác nhau phụ thuộc vào hình thái học và kích thước hạt của pha Zn. Trong trường hợp trong đó kích thước hạt của pha Zn lớn, các vết nứt lan truyền trong các hạt của pha Zn, và các vết nứt gây ra các khe hở lớn trên bề mặt của lớp mạ xuất hiện. Mặt khác, trong trường hợp trong đó pha Zn mịn, các vết nứt có thể xuất hiện dọc theo các biên hạt của pha Zn, và các vết nứt này có thể không thâm nhập vào lớp mạ nhưng còn

lại dưới dạng các vết nứt mảnh. Tuy nhiên, trong trường hợp của cấu trúc pha Zn mịn hơn, mặc dù các vết nứt lan truyền ở các biên hạt, rõ ràng là các vết nứt lan truyền gần như theo đường thẳng, và các vết nứt lan truyền đến sát nền (dây thép cần được mạ), nên có thể xảy ra sự giảm tính chống ăn mòn và sự giảm tính dễ kéo sợi. Vì lý do này, để ngăn chặn sự xuất hiện của các vết nứt, cần kiểm soát một cách thích hợp kích thước hạt của pha Zn. Kích thước hạt tối thiểu bằng $2\mu\text{m}$, và kích thước hạt tối đa bằng $5\mu\text{m}$. Nghĩa là, cần dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế để tăng lượng của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$ theo kích thước hạt hình tròn tương đương càng nhiều càng tốt.

[0035]

Tuy nhiên, không phải tất cả các hạt của pha Zn phần phải có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$. Để ngăn chặn sự lan truyền của các vết nứt và bảo đảm tính chống ăn mòn, pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$ tốt hơn là chiếm lớn hơn hoặc bằng 20% diện tích của toàn bộ pha Zn. Thích hợp hơn là tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$ theo kích thước hạt hình tròn tương đương với toàn bộ pha Zn lớn, và giới hạn trên của nó bằng 100%. Tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$ theo kích thước hạt hình tròn tương đương với toàn bộ pha Zn có thể được xác định là lớn hơn hoặc bằng 30%, lớn hơn hoặc bằng 40%, hoặc lớn hơn hoặc bằng 45%. Tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến $5\mu\text{m}$ theo kích thước hạt hình tròn tương đương với toàn bộ pha Zn có thể được xác định là nhỏ hơn hoặc bằng 95%, nhỏ hơn hoặc bằng 90%, hoặc nhỏ hơn hoặc bằng 80%.

[0036]

Trong trường hợp của cấu trúc vi mô, mặc dù có các trường hợp trong đó các vết nứt trở nên mảnh hơn và sự giảm tính dễ kéo sợi có thể được ngăn chặn, trong môi trường ăn mòn, nhiều pin cục bộ được tạo ra, mặt phân cách phản ứng gia tăng, và sự ăn mòn của lớp mạ có xu hướng tiến triển. Vì vậy, giới hạn dưới tốt hơn nữa của kích

thước hạt của pha Zn bằng $2,5\mu\text{m}$. Hơn nữa, giới hạn trên tốt hơn nữa của kích thước hạt để ngăn chặn sự lan truyền vết nứt của pha Zn bằng $4,5\mu\text{m}$. Trong lúc các yêu cầu nêu trên được đáp ứng, tốt hơn nữa là đặt tỷ lệ có mặt của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2,5 đến $4,5\mu\text{m}$ theo kích thước hạt hình tròn tương đương đến nằm trong khoảng từ 30% đến 100%.

[0037]

Việc định lượng cấu trúc lớp mạ được thực hiện theo thủ tục sau đây. Trước tiên, mặt cắt ngang của lớp mạ (mặt cắt ngang vuông góc với hướng chiều dọc của dây thép mạ kẽm nhúng nóng) được quan sát hình ảnh điện tử phản xạ của kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope, SEM) để định rõ vùng lớp mạ. Như sẽ được mô tả dưới đây, dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế có thể được cung cấp lớp hợp kim, lớp mạ nền, và lớp tương tự giữa sắt nền và lớp mạ, nhưng khi định lượng cấu trúc lớp mạ, lớp hợp kim, lớp mạ nền, và lớp tương tự được loại trừ khỏi các đối tượng phân tích. Với hình ảnh điện tử phản xạ, sắt nền, lớp hợp kim, lớp mạ, và các lớp khác như lớp mạ nền có thể dễ dàng được phân biệt. Tiếp theo, sự phân bố của hợp phần của lớp mạ được phân tích bằng phổ kế tia X tán xạ năng lượng (energy-dispersive X-ray spectrometry, EDS)) (còn được gọi là phân tích bề mặt). Pha được định rõ là có nồng độ Zn bằng 90% được xác định là pha Zn. Sau đó, bằng cách chia diện tích của toàn bộ pha Zn đã được xác nhận trong mặt cắt ngang của lớp mạ cho diện tích của mặt cắt ngang của lớp mạ, thu được tỷ lệ có mặt của pha Zn trong mặt cắt ngang là đối tượng đo. Thủ tục này được lặp lại đối với ba mặt cắt ngang, và giá trị trung bình của các tỷ lệ có mặt của pha Zn thu được trong ba mặt cắt ngang được xác định là tỷ lệ diện tích của pha Zn trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng.

Mặt cắt ngang được phân tích bằng phép phân tích nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (electron backscatter diffraction, EBSD), các biên hạt có góc lớn có mức chênh góc định hướng tinh thể lớn hơn hoặc bằng 15 độ được cho là các biên hạt, và kết quả phân tích được phân tích bằng phần mềm phân tích EBSD, bằng cách đó có thể thu được sự

phân bố kích thước hạt của các hạt tạo nên lớp mạ. Khi kích thước hạt của pha Zn thu được bằng EBSD, có thể thu được sự phân bố của các kích thước hạt chỉ trong vùng trong đó nồng độ Zn lớn hơn hoặc bằng 90% bằng cách sử dụng dữ liệu phân tích EDS phối hợp. Bằng cách tích phân tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5µm và tính tỷ lệ của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5µm với diện tích của toàn bộ pha Zn, có thể thu được tỷ lệ có mặt của pha Zn có kích thước hạt thích hợp trong mặt cắt ngang là đối tượng phân tích. Thủ tục này được lặp lại đối với ba mặt cắt ngang, và giá trị trung bình của các tỷ lệ có mặt của các pha Zn thu được có kích thước hạt thích hợp trong ba mặt cắt ngang được xác định là tỷ lệ có mặt của pha Zn có kích thước hạt thích hợp trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng.

[0038]

Trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế, trọng lượng lớp mạ không nhất thiết bị giới hạn. Chẳng hạn, một phạm vi số rộng có thể được chọn theo ứng dụng của lớp mạ mỏng bằng khoảng 50g/m² đến lớp mạ dày lớn hơn hoặc bằng 300g/m². Bằng cách tối thiểu hóa hợp phần và cấu trúc của lớp mạ như đã mô tả ở trên, có thể để đảm bảo khả năng gia công và tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng mà không cần chú ý tới của trọng lượng lớp mạ.

Việc đo trọng lượng lớp mạ được thực hiện theo JIS G 3548:2011 “Dây thép mạ kẽm” (“Zinc-coated steel wires”). Thủ tục cụ thể là như sau. 3,5g hexametylenetetramin được hòa tan trong 500ml axit clohydric có phần khối lượng bằng 35%, và trong dung dịch thu được bằng cách pha loãng dung dịch này đến thể tích 1l, dây thép mạ kẽm nhúng nóng được ngâm đã cắt thành chiều dài nằm trong khoảng từ 300mm đến 600mm cho đến khi bong bóng khí không được tạo ra. Trọng lượng của dây thép mạ kẽm nhúng nóng trước khi ngâm (nghĩa là, khối lượng trước khi loại bỏ màng mạ của mẫu thử nghiệm) W_1 (g), trọng lượng của dây thép sau khi hòa tan lớp mạ (nghĩa là, khối lượng sau khi loại bỏ màng mạ của mẫu thử nghiệm) W_2 (g), và đường kính của dây d (mm) của dây thép sau khi hòa tan lớp mạ được đo.

Bằng cách thay thế các giá trị số này vào trong công thức tính sau đây, có thể thu được trọng lượng lớp mạ A (g/m^2).

$$A = ((W_1 - W_2) / W_2) \times d \times 1960$$

[0039]

Tương tự, chiều dày của lớp mạ của dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế không bị giới hạn cụ thể. Chẳng hạn, chiều dày của lớp mạ có thể nằm trong khoảng từ 7 đến $55\mu\text{m}$. Chiều dày của lớp mạ có thể thu được bằng cách quan sát mặt cắt ngang của lớp mạ bằng SEM, đo chiều dày của phần lớp mạ kể cả lớp hợp kim ở tám điểm trên chu vi, với chiều dày lớp mạ tối đa và chiều dày lớp mạ tối thiểu, và thu được giá trị trung bình của tám điểm.

[0040]

Phương pháp sản xuất

Tiếp theo, phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế sẽ được mô tả. Phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế bao gồm bước nhúng dây thép cần được mạ trong bể kim loại nóng chảy, rút dây thép cần được mạ ra khỏi bể, và sau đó làm nguội dây thép cần được mạ. Phương pháp sản xuất dây thép cần được mạ không bị giới hạn cụ thể.

[0041]

Fig.1 minh họa một ví dụ về bước sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng. Gi (oxit sắt) hình thành trên bề mặt của thanh dây thép cán nóng được loại bỏ bằng cách tẩy bằng axit hoặc theo cách cơ học, bề mặt của thanh dây thép cán nóng được xử lý mạ, và sau đó thanh dây thép cán nóng được điều chỉnh đến đường kính dây đích bằng quá trình gia công nguội như bước kéo dây bằng khuôn hoặc trục cán, bằng cách đó thu được vật liệu dây thép (dây thép cần được mạ 1). Sau khi dây thép cần được mạ 1 được tùy ý xử lý nhiệt, sau đó được tẩy nhòn và tẩy bằng axit, và mạ sơ cấp bằng cách mạ điện hoặc mạ kẽm nhúng nóng bằng thiết bị tiền xử lý mạ 2. Tiếp theo, dây thép cần được mạ 1, đã được mạ sơ cấp, được nhúng trong bể trong đó kim loại mạ có hợp

phần của lớp mạ của dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế được làm nóng chảy, bằng cách đổ lớp mạ của kim loại nóng chảy 3 được hình thành trên bề mặt của dây thép cần được mạ 1. Sau khi rút dây thép cần được mạ 1 ra khỏi bể, kim loại nóng chảy được làm nguội và hóa rắn để tạo ra lớp mạ.

[0042]

Bước mạ sơ cấp và mạ nhúng nóng có thể được thực hiện bằng cách cán và nhúng liên tục dây thép cần được mạ 1. Mặt khác, sau khi dây thép cần được mạ 1 sau bước mạ sơ cấp được cuộn một lần, dây thép cần được mạ 1 có thể được nhúng lần nữa trong bể mạ trong phương pháp sản xuất theo phương án của sáng chế.

[0043]

Cấu trúc của lớp mạ có thể được kiểm soát bằng cách kiểm soát các điều kiện của bước làm nguội cưỡng bức được thực hiện trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5 sau khi dây thép cần được mạ 1 được rút ra khỏi bể kim loại nóng chảy và được làm nguội trong không khí trong thiết bị làm nguội sơ cấp 4. Cụ thể, nhiệt độ bắt đầu làm nguội và tốc độ làm nguội trung bình trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5 là quan trọng để kiểm soát cấu trúc của lớp mạ. Ở đây, nhiệt độ bắt đầu làm nguội trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5 dùng để chỉ nhiệt độ bề mặt của dây thép cần được mạ 1 khi bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ 1 được bắt đầu trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5. Môi trường làm nguội, chẳng hạn, là nước, khí, hoặc sương mù, nhưng không bị giới hạn ở đó.

[0044]

Bước làm nguội bằng không khí là bước làm nguội trước khi bước làm nguội cưỡng bức lớp mạ trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5 được thực hiện, và dùng để chỉ bước làm nguội dây thép cần được mạ 1 bằng cách sử dụng mức chênh lệch nhiệt độ giữa dây thép cần được mạ 1 và nhiệt độ môi trường khí của thiết bị làm nguội sơ cấp 4 mà không phun môi trường làm nguội. Tốc độ làm nguội trung bình ở bước làm nguội bằng không khí này là giá trị thu được bằng cách chia mức chênh lệch giữa nhiệt

độ bề mặt (nhiệt độ kim loại nóng chảy) của dây thép cần được mạ 1 khi dây thép cần được mạ 1 này được rút ra khỏi bể kim loại nóng chảy và nhiệt độ bề mặt của dây thép cần được mạ 1 cho đến khi bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ 1 được bắt đầu trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5 cho đến khi bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ 1 được bắt đầu sau khi dây thép cần được mạ 1 được rút ra khỏi bể kim loại nóng chảy. Ở bước làm nguội bằng không khí, thích hợp hơn là thực hiện làm nguội ở tốc độ làm nguội có tốc độ làm nguội trung bình nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$.

[0045]

Nhiệt độ bắt đầu làm nguội cưỡng bức

Để kiểm soát cấu trúc của lớp mạ, nhiệt độ bắt đầu làm nguội cưỡng bức rất quan trọng. Nhiệt độ hoàn thành hóa rắn là nhiệt độ tại đó toàn bộ lớp mạ trở thành pha rắn. Khi nhiệt độ của lớp mạ nằm giữa nhiệt độ bắt đầu quá trình hóa rắn và nhiệt độ hoàn thành hóa rắn, lớp mạ ở trạng thái hỗn hợp rắn-lỏng.

[0046]

Trong trường hợp trong đó bước làm nguội cưỡng bức được thực hiện trên dây thép cần được mạ 1 từ nhiệt độ cao hơn nhiệt độ hoàn thành hóa rắn của lớp mạ, lớp không hóa rắn của lớp mạ bị nhiễu loạn bởi bước phun môi trường làm nguội, và các tính chất bề mặt của lớp mạ bị xấu đi. Vì lý do này, thích hợp hơn là bắt đầu bước làm nguội cưỡng bức sau khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ trở nên thấp hơn nhiệt độ hoàn thành hóa rắn và đạt nhiệt độ tại đó pha lỏng không có mặt.

[0047]

Mặt khác, ngay cả khi bước làm nguội cưỡng bức được bắt đầu sau khi nhiệt độ của lớp mạ giảm đến nhiệt độ thấp, quá trình hóa rắn của lớp mạ diễn ra từ từ và cấu trúc không thể được kiểm soát. Vì vậy, giới hạn dưới của nhiệt độ bắt đầu làm nguội cưỡng bức tốt hơn là được đặt đến 300°C . Ở đây, nhiệt độ hoàn thành hóa rắn của lớp mạ được mô tả ở trên là nhiệt độ tại đó pha lỏng biến mất ở trạng thái cân bằng,

và là giá trị ở trạng thái cân bằng thu được từ hợp phần của kim loại nóng chảy bằng phần mềm tính nhiệt động tích phân Thermo-Calc. Nhiệt độ kết thúc làm nguội cưỡng bức tốt hơn là thấp hơn hoặc bằng 280°C , là nhiệt độ chuyển hóa otectic của Zn và Al. Điều này là do kích thước hạt của pha Zn khó thay đổi ở nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 280°C .

[0048]

Tốc độ làm nguội cưỡng bức

Để kiểm soát tốt hơn cấu trúc của lớp mạ của dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế, cần thiết làm nguội lớp mạ ở tốc độ làm nguội cưỡng bức đủ nhanh. Khi tốc độ làm nguội trung bình của lớp mạ nhỏ hơn $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, tác dụng làm mịn cấu trúc là nhỏ, cấu trúc của lớp mạ phát triển và trở nên thô, và không thể thu được sự phân bố kích thước hạt pha Zn thích hợp hơn. Mặt khác, ngay cả khi bước làm nguội cưỡng bức được thực hiện ở tốc độ làm nguội trung bình lớn hơn $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, khả năng kiểm soát cấu trúc bị bão hòa, và các vết nứt hóa rắn xuất hiện trong lớp mạ, do đó làm giảm khả năng gia công. Vì vậy, trong phương pháp sản xuất theo phương án của sáng chế, tốc độ làm nguội trung bình ở bước làm nguội cưỡng bức được kiểm soát đến nằm trong khoảng từ $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $150^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ bề mặt của lớp mạ ở thời điểm bắt đầu bước phun môi trường làm nguội đến 280°C . Tốt hơn nữa là, tốc độ làm nguội trung bình nằm trong khoảng từ $70^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $130^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Ở bước làm nguội cưỡng bức trong thiết bị làm nguội thứ cấp 5, tốc độ làm nguội trung bình là giá trị thu được bằng cách chia mức chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội nêu trên và 280°C cho đến khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ đạt 280°C sau khi bắt đầu bước phun môi trường làm nguội. Trong trường hợp trong đó bước phun môi trường làm nguội được dừng lại trước khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ đạt 280°C , tốc độ làm nguội trung bình được cho là giá trị thu được bằng cách chia mức chênh lệch giữa nhiệt độ bắt đầu làm nguội và nhiệt độ bề mặt của lớp mạ ở thời điểm kết thúc bước phun môi trường làm nguội từ khi bắt đầu đến khi kết thúc

bước phun môi trường làm nguội.

[0049]

Tốc độ làm nguội trung bình ở bước làm nguội cưỡng bức có thể được điều chỉnh bằng phương pháp làm nguội, và theo phương pháp làm nguội bằng nước, có thể được kiểm soát bằng cách điều chỉnh lượng nước làm nguội, thời gian làm nguội, và thông số tương tự. Có các trường hợp trong đó tốc độ làm nguội trung bình ở bước làm nguội cưỡng bức có thể được kiểm soát bởi phương pháp sử dụng các vòi phun hai chất lưu, các vòi phun nước-không khí, các vòi phun màng nước, hoặc vòi phun tương tự như các vòi phun làm nguội hoặc bằng cách phun khí cụ thể. Tuy nhiên, trong phương pháp sản xuất theo phương án của sáng chế, phương pháp làm nguội cưỡng bức không bị giới hạn ở phương pháp ở trên, và phương pháp làm nguội bất kỳ có thể được áp dụng.

[0050]

Như đã mô tả ở trên, bằng cách kiểm soát hợp phần và cấu trúc của lớp mạ của dây thép mạ kẽm nhúng nóng đến hợp phần và cấu trúc của lớp mạ của phương án theo sáng chế được mô tả ở trên, có thể thu được dây thép mạ kẽm nhúng nóng trong đó sự rạn nứt và sự bong tróc của lớp mạ không xảy ra ngay cả trong trường hợp trong đó quá trình gia công khác được thực hiện, tính chống ăn mòn tốt hơn so với lớp mạ mạ kẽm hoặc Zn-Al được cung cấp, và đạt được khả năng gia công và tính chống ăn mòn vượt trội mà không làm giảm độ bền và tính dễ kéo sợi.

[0051]

Ngoài ra, các tính chất của dây thép cần được mạ như hợp phần thép và độ bền không bị giới hạn đặc biệt. Chẳng hạn, thép chứa C với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,2%, Si với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 1,5%, Mn với lượng nằm trong khoảng từ 0,01% đến 2,0%, và phần còn lại gồm sắt và các tạp chất, thép còn chứa Cr với lượng nhỏ hơn hoặc bằng 0,5% ngoài các nguyên tố tạo hợp kim nêu trên, thép chứa Ti, B, Al, Cu, Mo, Sn, và nguyên tố tương tự ngoài các nguyên tố tạo

hợp kim nêu trên, và thành phần tương tự có thể được sử dụng làm dây thép cán được mạ của dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế. Hơn nữa, bề mặt của dây thép cán được mạ có thể được mạ điện, mạ kẽm nhúng nóng, hoặc mạ hợp kim kẽm nhúng nóng (ví dụ, hợp kim Zn được bổ sung Al và Mg). Nghĩa là, dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo phương án của sáng chế có thể còn bao gồm lớp mạ nền được mô tả ở trên giữa lớp mạ có hợp phần đã mô tả ở trên và dây thép cán được mạ. Hơn nữa, lớp hợp kim có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 1µm và chứa Fe, Al, Zn, và Mg làm hợp phần chính có thể được hình thành ở mặt phân cách giữa sắt nền, mà là dây thép cán được mạ, và lớp mạ. Trong trường hợp trong đó lớp mạ nền và lớp hợp kim được tạo ra giữa lớp mạ và dây thép cán được mạ, khi hợp phần hóa học và cấu trúc của lớp mạ cán được định rõ, như đã mô tả ở trên, vùng đo được tạo ra để không bao gồm các vùng ngoài lớp mạ. Đường kính của dây của dây thép mạ kẽm nhúng nóng không bị giới hạn cụ thể, và có thể được đặt đến, chẳng hạn, nằm trong khoảng từ 2,0mm đến 5,0mm.

Ví dụ thực hiện sáng chế

[0052]

Dưới đây, các ví dụ của sáng chế sẽ được mô tả. Sáng chế không nhất thiết bị giới hạn ở phương pháp đã được mô tả trong ví dụ này.

[0053]

Bảng 1 thể hiện các hợp phần của thép của thanh dây thép cán nóng có đường kính dây thép bằng 5,5mm (phần còn lại của hợp phần được mô tả bao gồm Fe và các tạp chất). Bước kéo dây khô được thực hiện trên thanh dây thép cán nóng. Thanh dây thép cán nóng được tẩy bằng axit trước để loại bỏ gỉ và sau đó được xử lý mạ bằng kẽm phosphat. Sau đó, bằng cách sử dụng chất làm trơn dạng khô chủ yếu chứa canxi stearat, thanh dây thép cán nóng được kéo dây cho đến khi đường kính của dây bằng 2,51mm trong điều kiện lượng ép 1 hành trình nằm trong khoảng từ 16% đến 24%.

[0054]

Bảng 1

	C	Si	Mn	Cr
A	0,62	0,3	0,5	-
B	0,92	0,3	0,5	0,2
C	0,05	0,5	0,7	-

[0055]

Tiếp theo, dây thép cần được mạ được mạ nền (mạ sơ cấp) và sau đó mạ nhúng nóng. Bước mạ sơ cấp là mạ điện hoặc mạ kẽm nhúng nóng.

Phương pháp sản xuất trong trường hợp trong đó bước mạ sơ cấp là mạ điện là như sau. Sau khi dây thép đã kéo nêu trên được tẩy nhờn bằng dung dịch kiềm để loại bỏ chất làm trơn sử dụng ở bước kéo dây, các thép A và B không được xử lý nhiệt, thép C được xử lý nhiệt, và bước tẩy bằng axit được thực hiện trên đó. Sau đó, thép được mạ điện đến chiều dày nằm trong khoảng từ 1 đến 2 μ m, tiếp đó nhúng trong kim loại nóng chảy chứa Zn, Al, Mg, và các nguyên tố tùy chọn nếu cần, và rút theo phương thẳng đứng ra khỏi bể, bằng cách đó dây thép mạ kẽm nhúng nóng được sản xuất. Bảng 2-1 thể hiện các hợp phần của bể và các dạng bước mạ nền. Trong dây thép mạ kẽm nhúng nóng được sản xuất bằng quy trình này, lớp hợp kim dày chứa Fe-Al-Zn (Mg) không được tạo ra ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ. Phần còn lại của hợp phần của bể được thể hiện trong bảng 2-1 gồm có Zn và các tạp chất. Trong quá trình sản xuất của các ví dụ so sánh từ 27 đến 29, cái được gọi là bể Zn nóng chảy tinh khiết được sử dụng.

Trong trường hợp trong đó bước mạ sơ cấp là bước mạ kẽm nhúng nóng, dây thép đã kéo được tẩy nhờn bằng dung dịch kiềm để loại bỏ chất làm trơn dùng ở bước kéo dây. Sau đó, các thép A và B không được xử lý nhiệt, thép C được xử lý nhiệt, và bước tẩy bằng axit được thực hiện trên đó. Sau đó, các thép này được nhúng trong bể Zn nóng chảy để tạo ra lớp mạ kẽm nhúng nóng trên bề mặt, sau đó khi được cuộn hoặc liên tục được nhúng trong kim loại nóng chảy chứa Zn, Al, Mg, và các nguyên tố tùy chọn nếu cần, và rút theo phương thẳng đứng ra khỏi bể, bằng cách đó dây thép mạ

được tạo ra. Ở dây thép mạ nhúng nóng được sản xuất bằng quy trình này, lớp hợp kim chứa Fe-Al-Zn-Mg dưới dạng hợp phần chính và có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 1 μm được tạo ra ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ. Trong trường hợp trong đó bước mạ sơ cấp là mạ điện, không có lớp hợp kim được hình thành ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ nhúng nóng, và trong trường hợp trong đó bước mạ sơ cấp là bước mạ kẽm nhúng nóng, lớp hợp kim được hình thành ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ nhúng nóng.

[0056]

Bằng cách thay đổi các nồng độ của Al và Mg của kim loại nóng chảy tại thời điểm này, nhiệt độ bắt đầu làm nguội sau khi rút ra khỏi bể, và tốc độ làm nguội, các dây thép mạ kẽm nhúng nóng có các hợp phần và cấu trúc khác nhau trong các lớp mạ được sản xuất. Trọng lượng lớp mạ được điều chỉnh đến nằm trong khoảng từ 300 đến 350 g/m^2 . Trong tất cả các ví dụ và các ví dụ so sánh của sáng chế, bước làm nguội cưỡng bức bằng cách phun môi trường làm nguội được thực hiện đến nhiệt độ thấp hơn hoặc bằng 280°C. Bảng 2-2 thể hiện nhiệt độ bắt đầu làm nguội, là nhiệt độ phun môi trường làm nguội, và tốc độ làm nguội trung bình từ lúc bắt đầu làm nguội đến 280°C. Nhiệt độ hoàn thành hóa rắn được tính từ hợp phần hóa học của kim loại nóng chảy bằng phần mềm tính nhiệt động tích phân Thermo-Calc cũng được thể hiện trong bảng 2-2.

[0057]

Việc đánh giá khả năng gia công cuộn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng được thực hiện bằng phương pháp sau đây. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng được cuộn sáu lần xung quanh chu vi bên ngoài của dây thép có đường kính bên ngoài gấp bốn lần đường kính của dây thép mạ kẽm nhúng nóng, và bằng cách quan sát hình thức bên ngoài và mặt cắt ngang của nó, trạng thái xuất hiện rạn nứt của dây thép mạ kẽm nhúng nóng đã cuộn được nghiên cứu. Trong trường hợp trong đó không có các vết nứt được xác nhận trên bề mặt của lớp mạ và trên mặt cắt ngang của lớp mạ, khả năng gia công cuộn của

dây thép mạ kẽm nhúng nóng được xác định là rất tốt và được mô tả là “VG” (VERY GOOD) trong bảng. Trong trường hợp trong đó không có vết nứt trên bề mặt của lớp mạ nhưng các vết nứt được quan sát thấy khi quan sát mặt cắt ngang và các vết nứt này dừng lại trong lớp mạ và không lan truyền đến mặt phân cách với sắt nền, khả năng gia công cuộn được xác định là tốt, và được mô tả là “G” (GOOD) trong bảng. Trong trường hợp trong đó các vết nứt lan truyền từ bề mặt của lớp mạ đến mặt phân cách với sắt nền, khả năng gia công cuộn được xác định là kém (BAD), và được mô tả là “B” (BAD) trong bảng.

[0058]

Tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng được đánh giá bằng phương pháp sau đây. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng không được xoắn được thử nghiệm phun nước muối được mô tả trong JIS Z 2371:2015 “Phương pháp thử nghiệm phun muối” (“Methods of salt spray testing”). Tính chống ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng được đánh giá dựa trên mức hao hụt trọng lượng do ăn mòn của dây thép mạ kẽm nhúng nóng sau khi phun nước muối trong 1000 giờ. Chỉ số thu được với mức hao hụt trọng lượng do ăn mòn của dây thép mạ kẽm bình thường (dây thép mạ kẽm của ví dụ so sánh 27) là 100. Trong trường hợp trong đó mức hao hụt trọng lượng do ăn mòn là nhỏ hơn hoặc bằng 25% so với lớp mạ Zn, tính chống ăn mòn được xác định là rất tốt. Trong trường hợp trong đó mức hao hụt trọng lượng do ăn mòn nằm trong khoảng từ 25 đến 40% so với lớp mạ Zn, tính chống ăn mòn được xác định là tốt. Trong trường hợp trong đó mức hao hụt trọng lượng do ăn mòn lớn hơn 40% so với lớp mạ Zn, tác dụng cải thiện tính chống ăn mòn nhỏ, và tính chống ăn mòn được xác định là kém.

[0059]

Để làm vật liệu so sánh, dây thép mạ Zn tinh khiết, dây thép mạ Zn-5%Al, và dây thép mạ Zn-10%Al được sản xuất tương tự và các đặc tính của chúng được đánh giá.

[0060]

Tính dễ kéo của dây thép mạ kẽm nhúng nóng được đánh giá bằng phương pháp sau đây. Dây thép mạ thu được bằng cách thực hiện bước nhúng nóng trên dây thép cần được mạ, được kéo đến 2,51mm, được kéo dây bằng cách sử dụng khuôn với lượng ép 1 hành trình nằm trong khoảng từ 15% đến 20%. Ở khoảng cách mâm cặp-đến-mâm cặp khác nhau đối với mỗi đường kính dây thép sau bước kéo dây (cụ thể, khoảng cách mâm cặp-đến-mâm cặp có chiều dài 100 lần đường kính của dây của dây được kéo), dây thép mạ kẽm nhúng nóng sau khi kéo dây được giữ và chịu thử nghiệm xoắn. Ứng suất kéo dây ε thu được từ đường kính dây thép giới hạn tại đó sự rạn nứt theo chiều dọc (sự tách lớp) xảy ra trong thử nghiệm xoắn. Ở đây, ε là giá trị thu được bằng công thức sau đây.

$$\varepsilon = 2 \times \ln (d_0 / d)$$

d_0 : đường kính dây thép mạ

d : đường kính dây thép sau bước kéo dây

Với hợp phần thép được thể hiện trong bảng 1, ứng suất kéo dây giới hạn (ε) của vật liệu mạ Zn tinh khiết được đặt đến 100, và ứng suất kéo dây giới hạn của các dây thép mạ khác có cùng một hợp phần thép được chỉ rõ và được đánh giá là chỉ số dễ kéo. Trong trường hợp trong đó chỉ số dễ kéo lớn hơn hoặc bằng 100, tính dễ kéo được xác định rất tốt, và được mô tả là “VG” trong bảng. Trong trường hợp trong đó chỉ số dễ kéo từ 80 đến nhỏ hơn 100, tính dễ kéo được xác định là tốt, và được mô tả là “G” trong bảng. Trong trường hợp trong đó chỉ số dễ kéo nhỏ hơn 80, tính dễ kéo được xác định là kém, và được mô tả là “B” trong bảng.

[0061]

Bảng 2-3 thể hiện các kết quả đánh giá các đặc tính của dây thép mạ kẽm nhúng nóng của các ví dụ và các ví dụ so sánh theo sáng chế. Trong các bảng từ 2-1 đến 2-3, các giá trị bên ngoài khoảng của sáng chế và các giá trị không đáp ứng các tiêu chuẩn nghiệm thu ở trên được gạch chân. Trong các ví dụ và các ví dụ so sánh của

sáng chế, tỷ lệ có mặt của pha Zn và tỷ lệ của pha Zn có đường kính vòng tròn tương đương nằm trong khoảng từ 2 đến 5 μ m với tổng pha Zn thu được bằng các thủ tục sau đây. Trước tiên, mặt cắt ngang C của lớp mạ (mặt cắt ngang vuông góc với hướng chiều dọc của dây thép mạ kẽm nhúng nóng) được quan sát bằng kính hiển vi điện tử quét (scanning electron microscope, SEM), và hợp phần của cấu trúc hóa rắn được phân tích bằng phổ kế tia X tán xạ năng lượng (EDS). Pha được định rõ theo cách như vậy có nồng độ Zn bằng 90% được xác định là pha Zn. Ngoài ra, tỷ lệ có mặt của pha Zn như thu được từ tỷ lệ diện tích của pha Zn trong toàn bộ mặt cắt ngang. Mặt cắt ngang được phân tích bằng phép nhiễu xạ tán xạ ngược điện tử (EBSD), các biên hạt có góc lớn có mức chênh góc định hướng tinh thể lớn hơn hoặc bằng 15 độ được cho là các biên hạt, và kết quả phân tích được phân tích bằng phần mềm phân tích EBSD, bằng cách đó có thể thu được sự phân bố kích thước hạt của các hạt tạo nên lớp mạ. Khi kích thước hạt của pha Zn thu được bằng EBSD, có thể thu được sự phân bố của các kích thước hạt chỉ trong vùng trong đó nồng độ Zn lớn hơn hoặc bằng 90% bằng cách sử dụng dữ liệu phân tích EDS phối hợp. Bằng cách tích phân tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5 μ m và tính tỷ lệ của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5 μ m với diện tích của toàn bộ pha Zn, có thể thu được tỷ lệ có mặt của pha Zn có kích thước hạt thích hợp.

[0062]

Bảng 2-1

	Số	Thép	Hợp phần mạ (% khối lượng)				Bước mạ nền của dây thép cần được mạ
			Mg	Al	Si	Khác	
Theo sáng chế	1	A	0,5	14	0,2	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	2	B	0,5	14	1,5	-	Mạ điện
	3	C	0,5	14	1,8	-	Mạ điện
	4	A	0,5	11	0,6	-	Mạ điện
	5	C	0,5	11	0,6	-	Mạ điện
	6	C	0,98	6	-	-	Mạ điện
	7	A	0,2	6	-	-	Mạ điện
	8	B	0,7	6	0,5	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	9	C	0,7	6	-	-	Mạ điện
	10	A	0,7	8	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	11	C	0,7	8	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	12	A	0,12	15	1	-	Mạ điện
	13	C	0,12	15	1	-	Mạ điện
	14	A	0,5	11	1	Ca:0,5	Mạ điện
	15	A	0,5	11	-	Fe:0,05, Ca:0,02	Mạ kẽm nhúng nóng
	16	A	0,5	11	-	Cr:0,3, Mo:0,1	Mạ kẽm nhúng nóng
	17	A	0,5	11	-	Pb:0,03	Mạ kẽm nhúng nóng
	18	A	0,5	11	-	Sn:0,2, Bi:0,03	Mạ kẽm nhúng nóng
	19	A	0,5	11	-	Co:0,7	Mạ kẽm nhúng nóng
	20	A	0,5	11	-	Mn:0,2	Mạ kẽm nhúng nóng
	21	A	0,5	11	-	P:0,02, B:0,01	Mạ kẽm nhúng nóng
	22	A	0,5	11	-	Ni:0,1	Mạ kẽm nhúng nóng
	23	A	0,5	11	-	Sb:0,05, Sr:0,02	Mạ kẽm nhúng nóng
	24	A	0,5	11	-	Zr:0,02	Mạ kẽm nhúng nóng
	25	A	0,5	11	-	Ti:0,3	Mạ kẽm nhúng nóng
	26	A	0,5	11	-	REM:0,1	Mạ kẽm nhúng nóng
Ví dụ so sánh	27	A	0	0	-	-	Không
	28	B	0	0	-	-	Không
	29	C	0	0	-	-	Không
	30	A	0	10	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	31	A	0	5	-	-	Mạ điện
	32	A	0,05	11	2,2	-	Mạ điện
	33	A	1,2	5	-	-	Mạ điện
	34	A	0,5	4,6	-	-	Mạ điện
	35	A	0,5	15,3	1,5	-	Mạ điện
	36	B	0,2	6	0,007	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	37	C	0,2	6	2,3	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	38	C	0,2	6	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	39	A	0,5	14	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	40	A	0,5	14	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	41	A	0,5	14	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng
	42	A	0,5	14	-	-	Mạ kẽm nhúng nóng

[0063]

[Bảng 2-2]

	Số	Nhiệt độ hoàn thành hóa rắn (°C)	Nhiệt độ bắt đầu làm nguội (°C)	Tốc độ làm nguội trung bình (°C/giây)
Theo sáng chế	1	364	350	100
	2	364	350	55
	3	364	335	55
	4	345	340	75
	5	345	340	75
	6	345	343	100
	7	345	343	125
	8	345	340	148
	9	345	300	75
	10	345	340	75
	11	345	340	75
	12	345	335	100
	13	345	335	100
	14	315	312	125
	15	329	325	100
	16	335	332	130
	17	335	330	80
	18	333	330	135
	19	327	325	135
	20	345	335	80
	21	345	335	70
	22	327	320	100
	23	327	320	110
	24	327	320	80
	25	320	318	65
	26	327	325	115
Ví dụ so sánh	27	419	380	50
	28	419	380	50
	29	419	380	50
	30	381	350	60
	31	381	350	60
	32	320	315	60
	33	330	325	75
	34	330	335	75
	35	330	295	50
	36	330	325	12
	37	330	335	100
	38	330	325	45
	39	320	350	75
	40	320	270	100
	41	320	315	40
	42	320	315	180

[0064]

[Bảng 2-3]

	Số	Tỷ lệ của pha Zn (%)	Tỷ lệ của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5µm với pha Zn (%)	Kết quả của thử nghiệm cuộn	Chỉ số chống ăn mòn	Tính dễ kéo
Theo sáng chế	1	30	50	VG	20	VG
	2	50	30	G	21	VG
	3	45	30	G	20	VG
	4	40	45	G	27	VG
	5	40	45	G	24	VG
	6	35	70	VG	12	G
	7	40	75	VG	37	VG
	8	67	95	VG	25	VG
	9	55	45	G	18	VG
	10	45	45	G	20	VG
	11	45	45	G	20	VG
	12	30	60	VG	35	VG
	13	30	60	VG	32	VG
	14	35	70	VG	23	VG
	15	35	50	G	22	VG
	16	35	70	VG	20	G
	17	35	45	G	24	VG
	18	35	80	VG	24	VG
	19	35	80	VG	23	G
	20	35	45	G	24	G
	21	35	40	G	25	G
	22	35	50	G	23	G
	23	35	65	VG	25	G
	24	35	45	G	24	G
	25	35	40	G	25	G
	26	35	70	VG	24	G
Ví dụ so sánh	27	<u>100</u>	<u>10</u>	VG	<u>100</u>	VG
	28	<u>100</u>	<u>10</u>	VG	<u>100</u>	VG
	29	<u>100</u>	<u>10</u>	VG	<u>100</u>	VG
	30	40	35	G	<u>45</u>	G
	31	60	30	G	<u>65</u>	G
	32	40	35	G	<u>43</u>	G
	33	50	40	<u>B</u>	30	<u>B</u>
	34	60	25	<u>B</u>	<u>45</u>	<u>B</u>
	35	<u>18</u>	25	<u>B</u>	35	<u>B</u>
	36	<u>80</u>	25	<u>B</u>	<u>55</u>	G
	37	45	<u>17</u>	G	<u>45</u>	<u>B</u>
	38	50	<u>15</u>	<u>B</u>	40	<u>B</u>
	39	<u>22</u>	<u>12</u>	<u>B</u>	<u>45</u>	<u>B</u>
	40	<u>23</u>	<u>17</u>	<u>B</u>	35	<u>B</u>
	41	<u>24</u>	<u>18</u>	<u>B</u>	30	<u>B</u>
	42	<u>23</u>	<u>15</u>	<u>B</u>	<u>50</u>	<u>B</u>

[0065]

Ở các dây thép mạ kẽm nhúng nóng số 1, 6 đến 8, 12 đến 14, 16, 18, 19, 23, và 26 của sáng chế, các vết nứt không xuất hiện trong thử nghiệm cuộn và đạt được khả năng gia công cuộn rất tốt. Ở các dây thép số 2 đến 5, 9 đến 11, 15, 17, 20 đến 22, 24, và 25, mặc dù các vết nứt mảnh được xác nhận trong lớp mạ, không có các vết nứt xuyên qua lớp mạ hoặc các vết nứt hở ở bề mặt, và khả năng gia công cuộn được xác định là tốt.

Trong trường hợp trong đó lớp hợp kim chứa Fe, Zn, và Al được tạo ra ở mặt phân cách giữa sắt nền và lớp mạ, có các trường hợp trong đó sự rạn nứt có khả năng xảy ra trong lớp hợp kim trước tiên trong quá trình uốn. Tuy nhiên, trong cấu trúc theo sáng chế, không có các vết nứt thâm nhập vào toàn bộ lớp mạ và không có các vết nứt được nhận thấy ở phần bên ngoài.

Về tính dễ kéo, tác dụng của lớp hợp kim ở mặt phân cách không được quan sát, và tất cả các dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo sáng chế bảo đảm tính dễ kéo tốt cao như lớn hơn hoặc bằng 80% dây thép mạ kẽm tham chiếu so với cùng một hợp phần thép như lớp mạ Zn tinh khiết của các vật liệu so sánh số 27, 28, và 29.

[0066]

Hơn nữa, về tính chống ăn mòn, thu được các kết quả tốt trong các ví dụ theo sáng chế so với các vật liệu mạ Zn tinh khiết số 27, 28, và 29, lớp mạ Zn-10%Al của vật liệu mạ số 30, Zn-5%Al của vật liệu mạ số 31 của các vật liệu so sánh. Dây thép số 7, 12, và 13 theo sáng chế có một lượng nhỏ Mg và do đó có các chỉ số chống ăn mòn bằng 37, 35, và 32, là các chỉ số chống ăn mòn được xác định là tốt.

[0067]

Dây thép số 6 là dây thép mạ theo sáng chế có một lượng lớn Mg, nên tính dễ kéo khá thấp. Tuy nhiên, mức độ này được xác định là tốt. Ngoài ra, các dây thép số 16, và 19 đến 26 được sản xuất với thép A chứa các nguyên tố tùy chọn ngoài Si, và các lớp mạ trở nên cứng, nên tính dễ kéo thấp hơn tính dễ kéo của lớp mạ Zn tinh khiết

số 27. Tuy nhiên, mức độ này vẫn được xác định là tốt. Tính dễ kéo của các dây thép mạ khác theo sáng chế là tính dễ kéo bằng hoặc cao hơn tính dễ kéo của dây thép mạ Zn tinh khiết.

[0068]

Ví dụ so sánh số 27 có lớp mạ Zn tinh khiết, sử dụng thép A. Ví dụ so sánh số 28 có lớp mạ Zn tinh khiết, sử dụng thép B. Ví dụ so sánh số 29 có lớp mạ Zn tinh khiết, sử dụng thép C. Các ví dụ so sánh này được sử dụng làm các tiêu chuẩn đánh giá, và lớp mạ mềm và có khả năng gia công và tính dễ kéo tốt. Tuy nhiên, trong thử nghiệm tính chống ăn mòn, trong lúc gỉ màu trắng sớm được tạo ra và tốc độ ăn mòn tương đối cao. Tính chống ăn mòn tham chiếu được mô tả là “100” để được sử dụng làm tham chiếu so sánh. Nó được sử dụng làm tham chiếu của tính dễ kéo đối với mỗi thép.

Ví dụ so sánh số 30 có lớp mạ Zn-10%Al (không gồm Mg), là một ví dụ có tính chống ăn mòn tốt hơn lớp mạ Zn, nhưng tính chống ăn mòn kém hơn so với lớp mạ theo sáng chế.

Ví dụ so sánh số 31 cũng có lớp mạ Zn-5%Al (không gồm Mg), là một ví dụ có lượng Al thấp hơn so với ví dụ so sánh số 30 và tính chống ăn mòn kém hơn so với ví dụ so sánh số 30.

Ví dụ so sánh số 32 là ví dụ trong đó lượng Mg thấp hơn giới hạn dưới của sáng chế và tính chống ăn mòn kém hơn.

Ví dụ so sánh số 33 là ví dụ trong đó mặc dù lượng Mg lớn và tính chống ăn mòn tốt, hợp chất liên kim loại MgZn được tạo ra và lớp mạ trở nên cứng, khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo kém.

Ví dụ so sánh số 34 là ví dụ trong đó lượng Al bằng hoặc thấp hơn giới hạn dưới của sáng chế, tính chống ăn mòn kém, và bước làm nguội nhanh được thực hiện từ nhiệt độ cao hơn nhiệt độ hoàn thành hóa rắn, nên các vết nứt đã xuất hiện trong lớp mạ và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 35 là ví dụ trong đó lượng Al lớn, pha Zn nhỏ, lớp mạ trở nên cứng, và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 36 là ví dụ trong đó mặc dù hợp phần mạ nằm trong phạm vi của sáng chế, do tốc độ làm nguội trong các điều kiện sản xuất là chậm như $12^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, pha Zn trở nên thô và gia tăng về lượng, tính chống ăn mòn bị giảm xuống, và các vết nứt đã xuất hiện trong thử nghiệm cuộn.

Ví dụ so sánh số 37 thu được bằng cách làm nguội nhanh trước khi nhiệt độ giảm xuống dưới nhiệt độ thấp hóa rắn hoàn toàn. Ở đây, lượng của các hạt thích hợp của pha Zn nhỏ và lượng các hạt mịn tăng lên. Vì vậy, ví dụ so sánh số 37 là ví dụ trong đó mặc dù khả năng gia công cuộn ở mức chấp nhận được, tính chống ăn mòn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 38 thu được bằng cách làm nguội chậm ở tốc độ trung bình $45^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Ở đây, lượng tinh thể của pha Zn có kích thước hạt thích hợp nhỏ và lượng các hạt thô lớn. Vì vậy, ví dụ so sánh số 38 là ví dụ trong đó mặc dù tính chống ăn mòn ở mức chấp nhận được, khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 39 là ví dụ trong đó do bước làm nguội cưỡng bức được bắt đầu ở trạng thái trong đó quá trình hóa rắn của lớp mạ không hoàn toàn (trạng thái bán nóng chảy), thu được cấu trúc hóa rắn mịn, nên tính chống ăn mòn bị giảm xuống, các tính chất bề mặt bị giảm xuống, và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 40 là ví dụ trong đó do nhiệt độ bắt đầu làm nguội cưỡng bức thấp hơn 280°C , nghĩa là, bước làm nguội cưỡng bức được bắt đầu sau khi lớp mạ được làm nguội trong không khí đến nhiệt độ thấp và hóa rắn, cấu trúc của cấu trúc lớp mạ trở nên thô và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 41 là ví dụ trong đó tốc độ làm nguội trung bình trong quá trình làm nguội cưỡng bức là chậm như $40^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, cấu trúc của lớp mạ trở nên thô, và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Ví dụ so sánh số 42 là ví dụ trong đó tốc độ làm nguội trung bình trong quá trình làm nguội cưỡng bức nhanh như $180^{\circ}\text{C}/\text{giây}$, các vết nứt đã xuất hiện trong lớp mạ, và khả năng gia công cuộn và tính dễ kéo bị giảm xuống.

Khả năng ứng dụng trong công nghiệp

[0069]

Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo sáng chế có khả năng gia công và tính chống ăn mòn trong lớp mạ, có thể được áp dụng cho nhiều ứng dụng khác nhau, và do đó có khả năng áp dụng công nghiệp rất cao.

Mô tả vắn tắt các ký hiệu tham chiếu

[0070]

- 1 Dây thép cần được mạ
- 2 Thiết bị tiền xử lý (tẩy nhòn, tẩy bằng axit, mạ điện)
- 3 Kim loại nóng chảy
- 4 Thiết bị làm nguội sơ cấp
- 5 Thiết bị làm nguội thứ cấp
- 6 Dây thép mạ kẽm nhúng nóng

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng, dây thép này bao gồm:

dây thép cần được mạ; và

lớp mạ được phủ trên bề mặt của dây thép cần được mạ,

trong đó lớp mạ này gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng,

Mg với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,10% và nhỏ hơn 1,00%,

Al với lượng lớn hơn hoặc bằng 5,0% và nhỏ hơn hoặc bằng 15,0%,

Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%,

Fe với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Pb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Sn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ca với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Co với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Mo với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

P với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Bi với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Cr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

REM với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ni với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ti với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Zr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%, và

phần còn lại gồm có Zn và các tạp chất,

cấu trúc của lớp mạ có pha Zn chứa Zn với lượng lớn hơn hoặc bằng 90%

theo % khối lượng với tỷ lệ diện tích nằm trong khoảng từ 25% đến 70%, và

tỷ lệ diện tích của pha Zn có kích thước hạt nằm trong khoảng từ 2 đến 5µm theo kích thước hạt hình tròn tương đương với pha Zn nằm trong khoảng từ 20% đến 100%.

2. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo điểm 1,

trong đó lớp mạ này bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng,

Si với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 2,0%.

3. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo điểm 1 hoặc 2,

trong đó lớp mạ bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều thành phần được chọn từ nhóm gồm có:

Fe với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Sb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Pb với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Sn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ca với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Co với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Mo với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Mn với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

P với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

B với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Bi với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Cr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

và

REM với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%.

4. Dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó lớp mạ này bao gồm, dưới dạng hợp phần, theo % khối lượng, một hoặc hai hoặc nhiều nguyên tố được chọn từ nhóm gồm có:

Ni với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Ti với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

Zr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%,

và

Sr với lượng lớn hơn hoặc bằng 0,01% và nhỏ hơn hoặc bằng 1,0%.

5. Phương pháp sản xuất dây thép mạ kẽm nhúng nóng theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, phương pháp này bao gồm các bước:

nhúng dây thép cần được mạ trong bể kim loại nóng chảy;

rút dây thép cần được mạ ra khỏi bể; và

sau đó làm nguội dây thép cần được mạ,

trong đó, ở bước làm nguội này, sau khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ được tạo ra trên bề mặt của dây thép cần được mạ giảm xuống dưới nhiệt độ hoàn thành hóa rắn, bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ được bắt đầu

ở bước làm nguội này, sau khi nhiệt độ bề mặt của lớp mạ của dây thép cần được mạ giảm xuống dưới 280°C, bước phun môi trường làm nguội lên trên dây thép cần được mạ được dừng lại, và

ở bước làm nguội này, tốc độ làm nguội trung bình của bề mặt của lớp mạ của dây thép cần được mạ được đặt đến nằm trong khoảng từ 50 đến 150°C/giây trong khoảng nhiệt độ từ nhiệt độ bề mặt của lớp mạ ở thời điểm bắt đầu bước phun môi trường làm nguội đến 280°C.

Fig.1

