



(12) BẢN MÔ TẢ SÁNG CHẾ THUỘC BẢNG ĐỘC QUYỀN SÁNG CHẾ

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ

(11)



1-0038085

(51)^{2006.01} C22C 38/00; C23C 30/00; B32B 15/18; (13) B
B32B 15/20; C21D 8/02; C21D 9/46;
C22C 18/00; C22C 18/04; C22C 38/02;
C22C 38/04; C22C 38/06; C22C 38/12;
C22C 38/14; C23C 2/02; C23C 2/06;
C23C 2/40; B32B 15/01; B32B 15/04

(21) 1-2016-02243

(22) 19/12/2014

(86) PCT/JP2014/083712 19/12/2014

(87) Wo 2015/093596 25/06/2015

(30) 2013-262271 19/12/2013 JP

(45) 25/01/2024 430

(43) 26/09/2016 342A

(73) NISSHIN STEEL CO., LTD. (JP)

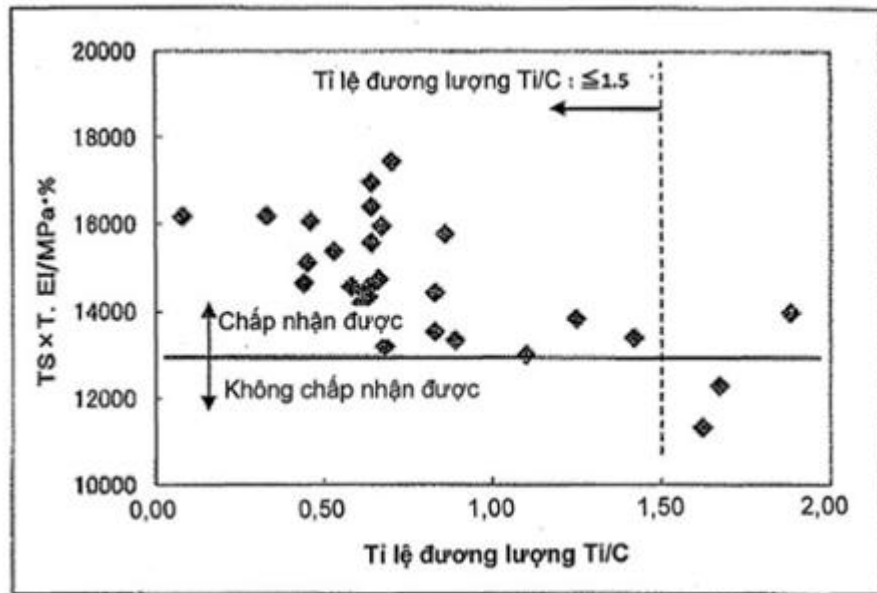
4-1, Marunouchi 3-chome, Chiyoda-ku, Tokyo 1008366, Japan

(72) Kentarou HIRATA (JP); Shinya UESUGI (JP); Yukio KATAGIRI (JP); Masaaki URANAKA (JP); Tomoharu SHIGETOMI (JP).

(74) Công ty TNHH Đại Tín và Liên Danh (DAITIN AND ASSOCIATES CO.,LTD)

(54) TẤM THÉP MẠ NHÚNG NÓNG HỆ HỢP KIM ZN-AL-MG CÓ KHẢ NĂNG GIA CÔNG TỐT VÀ PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT TẤM THÉP NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg có độ bền kéo đứt 400 MPa trở lên và có độ bền, độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ phù hợp với các quá trình gia công. Vật liệu tấm thép có tỉ lệ đương lượng Ti/C được biểu diễn bởi công thức $Ti/C = (Ti/48)/(C/12)$ (1) bằng 0,4-1,5; pha đơn ferit bainit hoặc pha bao gồm pha ferit bainit và pha ferit tồn tại dưới dạng pha chính; tỉ lệ diện tích pha thứ hai cứng và xementit bằng 3% trở xuống; tỉ lệ ranh giới góc nhỏ với sự khác biệt về hướng tinh thể 2-15° là 30-75%; và cacbua bao gồm Ti có kích thước hạt trung bình bằng 20 nm trở xuống được phân tán và kết tủa và phương pháp sản xuất tấm thép đó.



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg có độ bền kéo đứt trên 400 MPa và có độ dẻo cũng như khả năng mở rộng lỗ tốt, tấm thép được dùng làm vật liệu cho các bộ phận được gia công, cụ thể là gia công ép và kéo tạo mép, và được sử dụng cho các ứng dụng đòi hỏi khả năng chống ăn mòn cao, và phương pháp sản xuất tấm thép này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, mối quan tâm về các vấn đề môi trường ngày càng gia tăng, và theo đó xuất hiện nhu cầu giảm khối lượng dựa vào sự gia tăng ứng suất và giảm độ dày vách trong các bộ phận máy, chủ yếu là phụ tùng ô tô. Hơn nữa, vì quá trình gia công theo nhiều phương pháp làm biến dạng khác nhau như gia công ép và kéo tạo mép được thực hiện, nên ngoài độ bền, tấm thép cần phải có độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ cao. Hơn nữa, từ mục tiêu kéo dài tuổi thọ và loại bỏ công đoạn mạ về sau, thì tấm thép chống gỉ độ bền cao là cần thiết.

Tài liệu sáng chế 1 (PTL 1) mô tả tấm thép mạ nhúng nóng với độ bền và khả năng mở rộng lỗ cao. Tuy nhiên, vì độ bền được bảo đảm bằng cách sử dụng cấu trúc bainit vốn là pha rắn, nên mặc dù tấm thép có khả năng mở rộng lỗ cao nhưng độ dẻo thấp.

Tài liệu sáng chế 2 (PTL 2) đề xuất tấm thép pha đơn ferit làm vật liệu với độ dẻo và khả năng mở rộng được làm tăng. Tuy nhiên, vì vật liệu có chứa thành phần Mo nên chi phí sản xuất tăng lên.

Tài liệu sáng chế 3 và 4 (PTL 3 và 4) đề xuất tấm thép đa pha, trong đó sự khác biệt về độ cứng giữa ferit và mactensit được làm giảm, làm vật liệu với độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ được làm tăng. Tuy nhiên, vì độ cứng mactensit giảm xuống, trong đó tỉ lệ khối lượng ferit tăng lên, nên độ bền bị giảm. Hơn nữa, khả năng mở rộng lỗ không nhất thiết phải cao.

Tài liệu sáng chế 5 (PTL 5) đề xuất tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg và khả năng mở rộng lỗ cũng như khả năng chống ăn mòn tốt. Tuy nhiên, khả năng mở rộng lỗ cao không phải luôn luôn dễ dàng đạt được ngay cả khi theo phương pháp được mô tả trong tài liệu sáng chế.

Tài liệu sáng chế 6 (PTL 6) đề cập đến tấm thép có độ bền cao, tuy nhiên, tài liệu này không đề cập tới hệ thống mạ Zn-Al-Mg. Tài liệu này cũng hoàn toàn không đề cập tới bất kỳ khía cạnh kỹ thuật nào của vi cấu trúc.

Tài liệu sáng chế 7 (PTL 7) đề cập đến hỗn hợp mạ tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg.

Danh sách trích dẫn

PTL 1: Đơn sáng chế Nhật có số công bố H5-179356

PTL 2: Sáng chế Nhật số 3591502

PTL 3: Đơn sáng chế Nhật có số công bố 2001-303186

PTL 4: Đơn sáng chế Nhật có số công bố 2001-303187

PTL 5: Đơn sáng chế Nhật có số công bố 2012-193452

PTL 6: JP2007302992 A

PTL 7: JP2011153361 A

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Do đó, các tấm thép được mô tả trong các tài liệu sáng chế 1-7 được đề cập trên đây không đáp ứng tất cả các yêu cầu liên quan đến độ bền, độ dẻo, khả năng mở rộng lỗ, và sức kháng ăn mòn.

Từ đó, mục tiêu của sáng chế là đề xuất tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg, có độ bền, độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ phù hợp cho các quá trình gia công, cụ thể là gia công ép, kéo tạo mép, và sức kháng ăn mòn cao, và cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép này.

Các nghiên cứu toàn diện được thực hiện bởi tác giả sáng chế đã cho thấy rằng tấm thép mạ có các đặc tính dưới đây có thể khắc phục được những hạn chế nêu trên.

Cụ thể hơn, sáng chế sử dụng tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao và phương pháp sản xuất tấm thép này như được đề cập trong các điểm yêu cầu bảo hộ 1-4.

Sáng chế có thể cung cấp tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg có độ bền, độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ phù hợp với các quá trình gia công, cụ thể là gia công ép và kéo tạo mép, và sức kháng ăn mòn cao, sáng chế cũng đề xuất phương pháp sản xuất tấm thép này.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình phối cảnh minh họa hình dạng của vật liệu kiểm tra hàn mẫu lỗi.

Fig.2 là mặt cắt ngang minh họa quy trình sản xuất vật liệu kiểm tra hàn mẫu lỗi.

Fig.3 minh họa mối quan hệ giữa cân bằng $TS \times T.EI$ và tỉ lệ đương lượng Ti/C .

Fig.4 minh họa mối quan hệ giữa cân bằng $TS \times \lambda$ và tỉ lệ đương lượng Ti/C

Mô tả chi tiết sáng chế

Thành phần, cấu trúc kim loại học, và phương pháp sản xuất theo sáng chế sẽ được mô tả chi tiết sau đây. Trong thành phần thép và thành phần chất mạ, “%” có nghĩa là “% khối lượng”, trừ khi được chú thích khác.

C: 0,005% đến 0,08%

C là yếu tố tạo thành cacbua chứa Ti, là chất kết tủa trong cấu trúc ferit bainit hoặc ferit, và có hiệu quả tăng cường sức bền. Khi thành phần C dưới 0,005%, thì độ bền trên 400 MPa khó có thể đạt được, và khi cacbon được bổ sung quá 0,08%, thì khả năng mở rộng lỗ giảm do sự tăng trưởng của hạt kết tủa và tạo thành pha thứ hai cứng và xementit. Tốt nhất là, hàm lượng C trong khoảng 0,01-0,08%.

Si: 0,8% trở xuống

Si là yếu tố tăng cường có hiệu quả độ bền dung dịch rắn. Tuy nhiên, khi Si được bổ sung quá nhiều, oxit được tạo thành trên bề mặt tấm thép trong suốt quá trình gia nhiệt khi mạ nhúng nóng và khả năng mạ bị làm giảm. Do đó, giới hạn trên để bổ sung lượng Si được xác định ở 0,8%.

Mn: 0,1% đến 1,8%

Mn là yếu tố tăng cường độ bền có hiệu quả. Trong đó thành phần Mn nhỏ hơn 0,1% thì độ bền 400 MPa hoặc cao hơn khó có thể đạt được, và khi thành phần Mn vượt quá 1,8% thì sự phân tách dễ dàng xảy ra và khả năng mở rộng lỗ bị làm giảm. Tốt nhất là, hàm lượng Mn trong khoảng 0,5-1,8%.

P: 0,05% trở xuống

P là yếu tố tăng cường độ bền có hiệu quả. Tuy nhiên, khi được bổ sung quá 0,05%, thì sự phân tách dễ dàng xảy ra và khả năng viền mép lỗ bị làm giảm. Tốt nhất là, hàm lượng P khoảng 0,025% trở xuống nhưng khác 0.

S: 0,02% trở xuống

S tạo thành sunfit với Ti và Mn và làm giảm khả năng mở rộng lỗ. Do đó, hàm lượng S cần phải được giảm thiểu. Tốt hơn là, hàm lượng S khoảng 0,005% trở xuống, tốt nhất là hàm lượng S khoảng 0,003% trở xuống. Hơn nữa, S là tạp chất không thể tránh khỏi nên hàm lượng của nó không thể bằng 0.

N: 0,001% đến 0,005%

N tạo thành BN, là thành phần tồn tại dưới dạng N dung dịch rắn trong thép, và làm giảm lượng B vốn có hiệu quả trong việc cải thiện sức kháng nứt giòn kim loại lỏng (LMC). Kết quả nghiên cứu chỉ ra rằng trong khi hàm lượng N được làm giảm xuống 0,005% hoặc thấp hơn, vấn đề không phát sinh khi N có mặt với hàm lượng 0,001%. Tốt nhất là, hàm lượng N khoảng 0,001-0,004%.

Ti: 0,02% đến 0,2%

Ti là nguyên tố liên kết với C và kết tủa dưới dạng Ti cacbua mịn, do đó có hiệu quả làm tăng độ bền. Hơn nữa, Ti có ái lực cao với N và cố định N có trong thép dưới dạng TiN. Do đó, việc bổ sung Ti là phương pháp rất hiệu quả để đảm bảo lượng B vốn làm tăng sức kháng nứt giòn kim loại lỏng. Hàm lượng Ti cần bổ sung khoảng 0,02% hoặc hơn, nhưng khi Ti được bổ sung vượt quá 0,2%, thì khả năng gia công bị giảm sút. Tốt nhất là, hàm lượng Ti vào khoảng 0,03-0,2%.

B: 0,0005% đến 0,01%

B là yếu tố làm tăng lực liên kết giữa các nguyên tử bằng cách cô lập trên ranh giới hạt tinh thể và ngăn chặn có hiệu quả sự nứt giòn kim loại lỏng. Ti cũng ngăn chặn sự chuyển dạng auxtenit-ferit trong thép. Do sự ngăn chặn chuyển dạng auxtenit-ferit, nhiệt độ kết tủa của Ti nền cacbua được làm giảm và góp phần tinh chế Ti nền cacbua. Khi hàm lượng B dưới 0,0005%, không có hiệu quả nào được chứng minh, và khi hàm lượng B được bổ sung vượt quá 0,01%, borua được tạo ra và khả năng gia công giảm sút. Tốt nhất là, hàm lượng B trong khoảng 0,001-0,005%.

Al: 0,1% trở xuống

Al được bổ sung dưới dạng vật liệu khử trong quá trình sản xuất thép. Trong đó khi Al được bổ sung vượt quá 0,1% thì độ dẻo bị giảm. Tốt nhất là hàm lượng Al trong khoảng 0,05% trở xuống nhưng lớn hơn 0.

Một hoặc nhiều hợp chất của V 1,0% hoặc thấp hơn và Nb: 0,1% hoặc thấp hơn

Nb và V có hiệu quả trong ngăn chặn hạt γ tăng trưởng trong suốt quá trình gia nhiệt và cán nóng và có hiệu quả làm mịn hạt ferit. Hơn nữa, tương tự như Ti, chúng tạo thành hợp chất cacbua chứa C và góp phần làm tăng độ cứng. Do đó, một hoặc nhiều yếu tố có thể được bổ sung khi cần thiết.

Tỉ lệ đương lượng Ti/C: 0,4-1,5

Tỉ lệ đương lượng Ti/C là giá trị quan trọng trong việc cải thiện khả năng mở rộng lỗ và độ dẻo. Tỉ lệ đương lượng Ti/C được xác định bằng công thức (1):

$$\text{Tỉ lệ đương lượng Ti/C} = (\text{Ti}/48)/(\text{C}/12) \quad (1)$$

trong đó ký hiệu của mỗi yếu tố trong công thức (1) được thay thế bởi hàm lượng (% khối lượng) của yếu tố trong vật liệu tấm thép.

Khi tỉ lệ đương lượng Ti/C nhỏ hơn 0,4, lượng pha thứ hai cứng và xementit tăng lên và tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ vào khoảng 30% hoặc thấp hơn. Do đó, khả năng mở rộng lỗ giảm xuống. Trong khi đó, khi tỉ lệ đương lượng Ti/C vượt quá 1,5, thì tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ vượt quá 75% và do đó độ dẻo giảm xuống.

Vì độ bền phù hợp cho quá trình gia công, cụ thể là gia công ép và kéo tạo mép, là cần thiết, nên độ bền kéo đứt của tấm thép mạ theo sáng chế được quy định bằng 400 MPa hoặc lớn hơn. Trường hợp độ bền kéo đứt thấp hơn giá trị này, thì khả năng gia công không được đảm bảo. Tốt hơn là độ bền kéo đứt của tấm thép mạ là trên 500 MPa, tốt nhất là trên 590 MPa.

Cấu trúc kim loại học

Trong vi cấu trúc của tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg theo sáng chế, pha đơn ferit bainit hoặc cấu trúc bao gồm pha ferit bainit và pha ferit tồn tại dưới dạng pha chính; tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng và xementit là 3% hoặc thấp hơn; tỉ lệ ranh giới góc nhỏ với khác biệt về định hướng tinh thể 2° đến 15° là 30-75%; và kích thước hạt trung bình của cacbua chứa Ti là 20 nm hoặc nhỏ hơn. Các đặc điểm này sẽ được mô tả dưới đây.

Đối với cấu trúc kim loại học mà trong đó pha đơn ferit bainit hoặc cấu trúc chứa ferit bainit và ferit là pha chính và tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng (bainit và peclit) và xementit là 3% hoặc thấp hơn, thì cấu trúc ferit bainit hoặc cấu trúc ferit với mật độ lệch mạng tinh thể thấp sẽ có hiệu quả trong việc làm tăng độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ. Hơn nữa, vì cấu trúc thứ hai cứng và xementit đóng vai trò là điểm khởi đầu cho vết nứt trong suốt quá trình mở rộng lỗ và khả năng mở rộng lỗ giảm xuống, nên tỉ lệ diện tích được thiết lập ở 3% hoặc thấp hơn.

Khi được đề cập ở đây, “pha chính” có nghĩa là pha còn lại sau khi loại bỏ pha thứ hai cứng và xementit trong cấu trúc tinh thể học của tấm thép theo sáng chế.

Tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ được thiết lập ở 30-75% bởi vì, khi tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ thấp hơn 30% thì khả năng mở rộng lỗ giảm xuống, và khi tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ cao hơn 75% thì độ dẻo giảm xuống. Tốt nhất là, tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ khoảng 40-75%.

Khi kích thước hạt trung bình của cacbua chứa Ti bằng 20 nm hoặc thấp hơn, thì cacbua chứa Ti kết tủa trong suốt quá trình cán nóng, và độ bền tăng lên bởi tác dụng tăng cường độ bền kết tủa. Hơn nữa, kết tủa mịn cũng có hiệu quả cải thiện khả năng mở rộng lỗ. Kết quả của các nghiên cứu khác nhau đã chứng minh rằng, kích thước hạt trung bình rất hiệu quả của cacbua phân tán trong ferit bainit hoặc pha ferit là 20 nm hoặc thấp hơn. Tốt nhất là, kích thước hạt trung bình của cacbua là 15 nm trở xuống. Cacbua chứa Ti cũng bao gồm cacbua của Nb, V, v.v...

- Phương pháp sản xuất

Tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg có khả năng gia công tốt có thể được sản xuất bằng cách thực hiện quy trình, cụ thể là trên vật liệu thép (phiến đúc liên tục hoặc tương tự) với thành phần được điều chỉnh, các bước gồm: cán nóng, tẩy gỉ, ủ và mạ nhúng nóng với hệ hợp kim Zn-Al-Mg trong dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục. Điều kiện sản xuất cụ thể của phương pháp được trình bày dưới đây.

Phiến thép với thành phần đã mô tả ở trên được gia nhiệt ở nhiệt độ làm nóng 1150-1300°C, cán nóng ở nhiệt độ gia công 850-950°C, rồi tiếp đó làm mát đến nhiệt độ cuộn với tốc độ làm mát trung bình 20°C/giây trở lên. Sau đó thu được dải thép cán nóng ở nhiệt độ cuộn được mô tả dưới đây. Tiếp đó dải thép được tẩy gỉ và được chuyển sang bước mạ trong dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục dưới điều kiện được mô tả dưới đây.

Thiết lập nhiệt độ cuộn trong cán nóng ở 500-600°C

Khi nhiệt độ cuộn dưới 500°C thì lượng kết tủa cacbua chứa Ti không đủ và độ bền giảm. Hơn nữa, tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ tăng lên và độ dẻo giảm. Trong khi đó, khi nhiệt độ cuộn vượt quá 650°C thì cacbua chứa Ti không mịn, độ bền giảm, khả năng mở rộng lỗ giảm.

Nhiệt độ ủ trong dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục: 550-720°C

Khi nhiệt độ ủ dưới 550°C thì mặt tấm thép bị khử không đủ và khả năng mạ giảm. Trong khi đó, khi nhiệt độ ủ vượt quá 720°C thì cacbua không mịn, độ bền giảm, và khả năng mở rộng lỗ giảm. Hơn nữa, tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ giảm và khả năng mở rộng lỗ giảm.

Mạ hệ hợp kim Zn-Al-Mg

Theo sáng chế, phương pháp thông thường dùng để mạ hệ hợp kim Zn-Al-Mg có thể được sử dụng.

Al trong lớp mạ có vai trò làm tăng khả năng chống ăn mòn của tấm thép mạ. Al trong bể dung dịch mạ cũng ngăn cản sự phát sinh xỉ magie oxit. Để đạt được hiệu quả như trên, trong mạ nhúng nóng, Al cần có hàm lượng 3,0% trở lên, tốt nhất 4,0% trở lên. Trong khi đó, khi hàm lượng Al vượt quá 22,0%, thì sự phát triển của lớp hợp kim Fe-Al trên mặt tiếp giáp giữa lớp mạ và vật liệu tăng trưởng đáng kể và độ bám dính bị làm giảm. Để đảm bảo độ bám dính tốt của lớp mạ, tốt hơn là hàm lượng Al dưới 15,0%, tốt nhất là dưới 10,0%.

Mg trong lớp mạ có vai trò tạo thành sản phẩm chống ăn mòn đồng đều trên bề mặt lớp mạ và làm tăng đáng kể khả năng chống ăn mòn của tấm thép mạ. Trong mạ nhúng nóng, Mg cần có hàm lượng 0,05% trở lên, và tốt nhất là khoảng 2,0% trở lên. Trong khi đó, khi hàm lượng Mg vượt quá 10,0%, xỉ magie oxit dễ dàng được tạo thành. Để có được lớp mạ chất lượng cao, hàm lượng Mg nên vào khoảng 5,0% trở xuống, tốt nhất là 4,0% trở xuống.

Khi Ti và B có trong bể dung dịch mạ nhúng nóng, sự phát sinh và tăng trưởng của pha $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$ mà tạo thành các khuyết tật dạng đốm trên tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg được ngăn chặn. Hiệu quả ức chế pha $\text{Zn}_{11}\text{Mg}_2$ được chứng minh ngay cả khi chỉ Ti hoặc B có trong bể dung dịch mạ nhúng nóng, nhưng để tăng đáng kể mức độ linh hoạt của điều kiện sản xuất, tốt nhất là Ti và B được sử dụng kết hợp. Để đạt được hiệu quả như trên, trong mạ nhúng nóng Ti cần có hàm lượng 0,0005% trở lên, và B cần có hàm lượng 0,0001% trở lên. Tuy nhiên, khi hàm lượng Ti tăng quá nhiều, kết tủa xỉ hệ Ti-Al xuất hiện trong lớp mạ, vết lõm và lỗi được gọi là “mụn nhọt” xuất hiện trên lớp mạ, và chất lượng hình thức bên ngoài giảm. Do đó, khi Ti được bổ sung vào bể dung dịch mạ, hàm lượng cần thiết của Ti được quy định là 0,10% trở xuống, tốt nhất là 0,01% trở xuống. Hơn nữa, khi hàm lượng B tăng quá nhiều, kết tủa của hệ Al-B hoặc Ti-B xuất hiện

và làm thô lớp mạ, vết lõm và vết lồi được gọi là “mụn nhọt” cũng xuất hiện trên lớp mạ và làm giảm tính thẩm mỹ. Do đó, khi B được bổ sung vào bể mạ, hàm lượng cần thiết khoảng 0,05% trở xuống, tốt nhất là 0,005% trở xuống.

Khi Si được đưa vào bể mạ nhúng nóng, sự tăng trưởng của lớp hợp kim Fe-Al bị ức chế và khả năng gia công của tấm thép được mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg được cải thiện. Hơn nữa, Si trong lớp mạ có hiệu quả duy trì độ bóng bề mặt và ngăn chặn lớp mạ bị đen. Để đạt được hiệu quả như trên, trong mạ nhúng nóng, Si cần có hàm lượng 0,005% trở lên. Tuy nhiên, khi Si được bổ sung quá nhiều, lượng xỉ trong bể dung dịch mạ nhúng nóng tăng lên. Do đó, trong bể dung dịch mạ, hàm lượng Si nên vào khoảng 2,0% trở xuống.

Một lượng nhất định Fe được trộn lẫn vào bể dung dịch mạ nhúng nóng từ vật liệu tấm thép và một phần của nôi. Trong hệ hợp kim Zn-Al-Mg, lượng Fe trong bể dung dịch mạ được phép lên đến 2,0%. Cụ thể là, một hoặc nhiều loại trong số các nguyên tố Ca, Sr, Na, kim loại đất hiếm, Ni, Co, Sn, Cu, Cr và Mn có thể được trộn lẫn dưới dạng các nguyên tố khác vào bể dung dịch mạ, nhưng tổng khối lượng của chúng không vượt quá 1%. Thành phần bể dung dịch mạ nhúng nóng được phản ánh cơ bản không thay đổi trong thành phần lớp mạ của tấm thép mạ nhúng nóng.

Thành phần thép được trình bày trên bảng 1 đã tan chảy, và phiến thép được làm nóng đến 1250°C. Dải thép cán nóng với độ dày 2,6 mm thu được bằng cách cán nóng ở nhiệt độ cán hoàn thiện 880°C và nhiệt độ cuộn 520-680°C. Nhiệt độ cuộn của dải thép cán nóng được trình bày trên bảng 1.

Bảng 1

Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)											Tỉ lệ Ti/C	Phân loại
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	B	Nb	V	N		
A	0,043	0,60	1,10	0,017	0,002	0,043	0,110	0,0030			0,003	0,64	Mẫu
B	0,040	0,07	1,15	0,015	0,003	0,045	0,132	0,0030			0,002	0,83	
C	0,025	0,11	0,98	0,022	0,003	0,036	0,062	0,0035			0,004	0,62	
D	0,032	0,15	1,00	0,013	0,002	0,044	0,057	0,0030			0,003	0,45	
E	0,041	0,72	0,75	0,019	0,003	0,025	0,110	0,0031			0,003	0,67	
F	0,015	0,10	1,70	0,019	0,002	0,044	0,035	0,0032			0,002	0,58	
G	0,050	0,02	1,05	0,019	0,002	0,033	0,140	0,0030			0,002	0,70	
H	0,012	0,40	1,40	0,022	0,003	0,033	0,060	0,0045			0,003	1,25	
I	0,040	0,22	0,70	0,019	0,003	0,033	0,085	0,0030	0,08		0,002	0,53	
J	0,038	0,31	0,80	0,023	0,003	0,033	0,070	0,0033		0,07	0,003	0,46	
K	0,038	0,08	1,20	0,017	0,002	0,043	0,130	0,0035			0,003	0,86	
L	0,033	0,42	1,11	0,017	0,002	0,044	0,080	0,0031			0,003	0,61	
M	0,017	0,55	1,50	0,017	0,002	0,044	0,030	0,0083	0,04	0,05	0,003	0,44	
N	0,072	0,05	0,61	0,017	0,002	0,022	0,190	0,0010			0,003	0,66	
O	0,022	0,09	1,00	0,014	0,002	0,035	0,125	0,0033			0,002	1,42	

Thép	Thành phần hóa học (% khối lượng)											Tỉ lệ Ti/C	Phân loại
	C	Si	Mn	P	S	Al	Ti	B	Nb	V	N		
P	0,015	0,11	0,52	0,019	0,003	0,042	0,066	0,0029			0,002	1,10	
Q	0,007	0,08	0,98	0,022	0,003	0,039	0,025	0,0031			0,002	0,89	
R	0,025	0,09	0,70	0,019	0,003	0,044	0,061	0,0028			0,002	0,61	
S	0,090	0,60	0,55	0,017	0,002	0,022	0,118	0,0010			0,003	0,33	Mẫu so sánh
T	0,030	0,73	1,41	0,020	0,003	0,041	0,010	0,0030			0,002	0,08	
U	0,017	0,40	1,10	0,018	0,003	0,033	0,110	0,0030			0,002	1,62	
V	0,036	0,20	1,93	0,020	0,003	0,044	0,090	0,0030			0,002	0,63	
W	0,022	0,30	0,54	0,018	0,003	0,044	0,060	0,0003			0,003	0,68	
X	0,044	0,60	1,07	0,065	0,003	0,033	0,110	0,0030			0,002	0,63	
Y	0,004	0,44	1,22	0,017	0,002	0,041	0,030	0,0033			0,002	1,88	
Z	0,015	0,15	0,08	0,019	0,002	0,042	0,050	0,0035			0,002	0,83	
ZZ	0,033	0,05	1,22	0,019	0,002	0,038	0,220	0,0033			0,003	1,67	

Gạch chân: ngoài phạm vi được xác định bởi sáng chế

Vật liệu tấm thép (tấm bắt đầu để mạ) thu được bằng cách tẩy gỉ dải thép cán nóng, tiếp đó ủ ở 570-730°C trong hỗn hợp khí nitơ-hydro trong dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục, và làm mát về 420°C với tốc độ làm mát trung bình 5°C/giây. Tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg thu được sau đó bằng cách nhúng vào bể dung dịch hợp kim Zn-Al-Mg nóng chảy có thành phần được mô tả dưới đây, trong khi không để bề mặt tấm thép tiếp xúc với khí quyển, kéo lên, và điều chỉnh lượng bám dính chất mạ khoảng 90 g/m² trên mỗi mặt bằng phương pháp lau khí. Nhiệt độ bể dung dịch mạ khoảng 410°C. Nhiệt độ ủ từng loại thép được trình bày trên bảng 2.

Thành phần bể dung dịch mạ (% khối lượng)

Al: 6,0%, Mg: 3,0%, Ti: 0,002%, B: 0,0005%, Si: 0,01%, Fe: 0,1%, Zn: phần còn lại

Kích thước hạt trung bình của cacbua chứa Ti

Màng mỏng được chế tạo từ tấm thép mẫu vốn là tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg đã được quan sát dưới kính hiển vi điện tử truyền qua (TEM), đường kính hạt (đường kính dài) của hạt cacbua hiển thị trong một khu vực xác định trước bao gồm 30 hạt cacbua chứa Ti hoặc nhiều hơn đã được đo, và giá trị trung bình của chúng được coi là kích thước hạt trung bình của cacbua chứa Ti.

Tỉ lệ ranh giới hạt góc nhỏ

Bề mặt mẫu được cắt ra từ tấm thép mạ nhúng nóng mẫu hệ hợp kim Zn-Al-Mg đã được chuẩn bị bằng cách đánh bóng mặt cắt ngang theo hướng cán và tiếp đó đánh bóng điện phân. Tiếp đó, sự khác biệt trong định hướng giữa các ranh giới hạt tinh thể đã được đo bằng cách sử dụng phương pháp mô hình nhiễu xạ điện tử tán xạ ngược (EBSP). Tỉ lệ độ dài tổng số của ranh giới hạt tinh thể góc nhỏ với sự khác biệt về hướng giữa các ranh giới hạt tinh thể 2-15° so với độ dài tổng số của ranh giới hạt tinh thể với sự khác biệt đo tương tự về hướng giữa các ranh giới hạt tinh thể 2-180° cũng được trình bày trên bảng 2.

Thiết bị và các điều kiện được sử dụng để đo đạc như sau:

- Thiết bị quan sát: kính hiển vi điện tử quét phát xạ trường JSM-6500F được sản xuất bởi JEOL.

- Hệ thống EBSD: thu thập dữ liệu OIM 5.21 được sản xuất bởi EDAX-TSL.

- Dải đo/khoảng cách đo: $100 \times 100 \mu\text{m}$ / $0,3 \mu\text{m}$ $\times$ 1 trường hiển thị.

Tỉ lệ diện tích pha cứng thứ hai và xementit

Mẫu được cắt ra từ tấm thép mạ nhúng nóng mẫu hệ hợp kim Zn-Al-Mg đã được đánh bóng mặt cắt ngang theo hướng cán và tiếp đó được khắc ăn mòn bằng thuốc thử picric (dung dịch axit picric trong etanol). Tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng và xementit được tính toán bằng phân tích hình ảnh cấu trúc quan sát được cũng được trình bày trên bảng 2.

Thuộc tính bền kéo

Độ bền kéo đứt TS và độ giãn dài tổng số T.El đã được xác định theo tiêu chuẩn công nghiệp Nhật Bản (JIS) Z2241 bằng cách sử dụng mẫu JIS số 5 được lấy mẫu sao cho hướng dọc của mẫu vuông góc với hướng cán của vật liệu tấm thép.

Cân bằng $TS \times T.El$ bằng 13.000 trở lên được xác định là chấp nhận được.

Khả năng mở rộng lỗ

Mẫu $90 \times 90 \text{ mm}$ được lấy mẫu từ tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg được sử dụng làm phôi để kiểm tra khả năng mở rộng lỗ. Lỗ được đục ở giữa của phôi bằng đầu dập và khuôn dập. Đường kính D_0 của lỗ ban đầu là 10,0 mm, và khuôn dập với khổ giới hạn 12% độ dày tấm được lựa chọn. Đầu dập với góc đỉnh 60° được chèn vào lỗ dập từ phía đối diện với gờ, và lỗ ban đầu được mở rộng. Tốc độ dịch chuyển của đầu dập trong trường hợp này là 10 mm/phút. Đầu dập được dừng lại khi lỗ trong tấm thép được mở rộng và vết nứt được xuyên theo chiều dày tấm. Đường kính trong D_b của lỗ tại thời điểm này được đo. Tỉ lệ mở rộng lỗ λ được định nghĩa $(D_b - D_0)/D_0 \times 100(\%)$ được xác định.

Cân bằng $TS \times \lambda$ bằng 40.000 trở lên được xác định là chấp nhận được.

Đánh giá tính nứt giòn kim loại lỏng

Đặc tính giòn kim loại lỏng được đánh giá bằng cách thực hiện thử nghiệm hàn theo quy trình sau đây.

Mẫu 100 mm × 75 mm được cắt ra từ tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg và được dùng làm mẫu để đánh giá độ sâu nứt tối đa gây ra bởi tính giòn kim loại lỏng. Trong thử nghiệm hàn, “hàn mẫu lõi” đã được thực hiện để tạo ra vật liệu hàn mẫu lõi với hình dáng ngoài được mô tả trên Fig.1, và tình trạng xuất hiện vết nứt đã được nghiên cứu bằng cách quan sát mặt cắt ngang hàn. Do đó, mẫu lõi 1 được tạo thành từ thép ống (vật liệu SS400 phù hợp với JIS) với đường kính 20 mm và chiều dài 25 mm được đặt thẳng đứng trên phần trung tâm của bề mặt tấm của mẫu 3, và mẫu lõi 1 được kết hợp bởi hàn hồ quang mẫu 3. Dây hàn YGWW12 đã được sử dụng, mỗi hàn 6 chạy quanh mẫu lõi từ điểm bắt đầu hàn, tiếp đó, việc hàn vẫn được tiếp tục tiến lên một chút ngay cả sau khi điểm bắt đầu hàn được tiếp cận và vượt qua điểm bắt đầu hàn. Việc hàn kết thúc khi một phần chồng lấn 8 của mỗi hàn xuất hiện. Việc hàn được thực hiện dưới điều kiện sau: 190 A, 23 V, tốc độ hàn 0,3 m/phút, khí bảo vệ: Ar - 20% thể tích CO₂, tốc độ dòng khí bảo vệ: 20 lít/phút.

Mẫu 3 được hợp lại với tấm ngăn 4, như được minh họa trên Fig.2, và cấu hình như vậy được sử dụng trong suốt quá trình hàn. Thân hợp nhất thu được bằng cách chuẩn bị tấm ngăn 4 có kích thước 120 mm × 95 mm × 4 mm (dày) (vật liệu SS400 phù hợp với JIS), đặt mẫu 3 vào tâm của mặt tấm, rồi tiếp đó hàn toàn bộ viền của mẫu 3 vào tấm ngăn 4. Vật liệu hàn mẫu lõi được chế tạo bằng cách cố định thân hợp nhất (mẫu 3 và tấm ngăn 4) với kẹp 2 trên bàn thử nghiệm nằm ngang 5 và thực hiện hàn mẫu lõi ở trạng thái này.

Sau khi hàn mẫu lõi, thân hợp nhất của mẫu lõi 1 - mẫu 3 - tấm ngăn 4 được cắt dọc theo mặt cắt 9 đi qua trục trung tâm của mẫu lõi 1 và phần chồng lấn 8 của mỗi hàn, mặt cắt 9 được quan sát dưới kính hiển vi, độ sâu tối đa của vết nứt được quan sát trên mẫu 3 được đo đạc, và giá trị nhận được được lấy làm độ sâu nứt vật liệu cơ sở tối đa. Các vết nứt này tương ứng với các vết nứt giòn kim loại lỏng. Độ sâu vật liệu cơ sở tối đa bằng 0,1 mm trở xuống được đánh giá là chấp nhận được và trên 0,1 mm là không chấp nhận được.

Bảng 2

Số	Thép	Điều kiện sản xuất		Vi cấu trúc				Thuộc tính bền kéo			Khả năng mở rộng lỗ		Sức kháng nứt giòn kim loại lỏng	Phân loại
		Nhiệt độ cuộn trong cán nóng (°C)	Nhiệt độ ủ trong dây chuyền mạ (°C)	Cấu trúc*	Kích thước hạt trung bình của cacbua (nm)	Tỉ lệ diện tích của ranh giới hạt góc nhỏ (%)	Tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng và xementit (%)	TS (MPa)	T.EI (%)	TS×T.EI (MPa·%)	λ (%)	TS×λ (MPa·%)		
1	A	590	630	BF	8	62	0	820	19,0	15580	80	65600	O	Mẫu
2	B	580	620	BF	7	65	0	830	17,4	14442	79	65570	O	
3	C	590	640	BF	6	66	0	632	22,8	14410	133	84056	O	
4	D	630	630	BF+F	8	47	2	630	24,0	15120	99	62370	O	
5	E	560	590	BF	12	60	0	840	19,0	15960	80	67200	O	
6	F	590	620	BF	8	61	1	605	24,1	14581	110	66550	O	
7	G	620	610	BF	11	65	0	831	21,0	17451	75	62325	O	
8	H	640	630	BF	11	67	0	602	23,0	13846	170	102340	O	
9	I	520	610	BF	13	50	1	905	17,0	15385	63	57015	O	
10	J	630	640	BF	8	45	2	878	18,3	16067	71	62338	O	
11	K	580	620	BF	6	65	0	822	19,2	15782	93	76446	O	
12	L	570	670	BF	12	61	0	888	16,0	14208	77	68376	O	
13	M	600	570	BF	11	43	0	698	21,0	14658	82	57236	O	
14	N	610	640	BF	11	62	1	933	15,8	14741	63	58779	O	
15	O	570	660	BF	7	67	0	688	19,5	13416	130	89440	O	
16	P	600	680	BF+F	8	32	1	420	31,0	13020	220	92400	O	

Số	Thép	Điều kiện sản xuất		Vi cấu trúc				Thuộc tính bền kéo			Khả năng mở rộng lỗ		Sức kháng nứt giòn kim loại lỏng	Phân loại
		Nhiệt độ cuộn trong cán nóng (°C)	Nhiệt độ ủ trong dây chuyền mạ (°C)	Cấu trúc*	Kích thước hạt trung bình của cacbua (nm)	Tỉ lệ diện tích của ranh giới hạt góc nhỏ (%)	Tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng và xementit (%)	TS (MPa)	T.EI (%)	TS×T.EI (MPa·%)	λ (%)	TS×λ (MPa·%)		
17	Q	600	670	BF+F	8	31	1	445	30,0	13350	210	93450	O	
18	R	610	710	BF+F	9	39	1	510	27,0	13770	185	94350	O	
19	S	580	600	F+P	13	35	2	899	18,0	16182	43	38657	O	
20	T	640	600	F	22	5	7	490	33,0	16170	65	31850	O	
21	U	600	620	BF	15	79	0	700	16,2	11340	135	94500	O	
22	V	570	590	BF	9	66	0	880	16,3	14344	44	38720	O	
23	W	590	600	BF+F	32	22	0	372	35,5	13206	122	45384	X	Mẫu so sánh
24	X	580	590	BF	14	65	0	822	17,7	14549	33	27126	O	
25	Y	620	630	F	18	19	0	378	37,0	13986	180	68040	O	
26	Z	600	640	F	16	5	0	387	35,0	13545	230	89010	O	
27	ZZ	610	640	BF	18	79	0	879	14,0	12306	83	72957	O	
28	A	680	640	BF+F	35	5	0	771	22,0	16962	46	35466	O	
29	A	620	730	BF	31	59	0	781	21,0	16401	44	34364	O	

* BF: ferit bainit, F: ferit, P: peclit

Trên bảng 2, số 1-18 của sáng chế cho thấy tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg là vật liệu tốt về cân bằng bền - dẻo và cân bằng bền - khả năng mở rộng lỗ mà trong đó độ bền kéo đứt TS bằng 400 MPa trở lên, cân bằng TS $\times$ T. El bằng 13.000 MPa% trở lên, và cân bằng TS $\times$ λ bằng 40.000 MPa% trở lên.

Ngược lại, ở số 19, vì lượng C cao và tỉ lệ đương lượng Ti/C thấp, nên tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng + xementit cao và cân bằng TS $\times$ λ thấp. Ở số 20, vì lượng Ti thấp và tỉ lệ đương lượng Ti/C thấp, nên tỉ lệ diện tích pha thứ hai cứng + xementit cao và cân bằng TS $\times$ λ thấp. Ở số 21, vì tỉ lệ đương lượng Ti/C cao, nên tỉ lệ diện tích ranh giới hạt góc nhỏ cao và cân bằng TS $\times$ T.El thấp. Ở số 22, vì lượng Mn lớn, nên cân bằng TS $\times$ λ thấp. Ở số 23, vì lượng B nhỏ, nên độ bền kéo đứt mong muốn không đạt được và sức kháng nứt giòn kim loại lỏng thấp. Ở số 24, vì lượng C nhỏ, nên độ bền kéo đứt mong muốn không đạt được, và vì tỉ lệ đương lượng Ti/C cao, nên tỉ lệ diện tích ranh giới hạn góc nhỏ cao và cân bằng TS $\times$ T. El thấp. Ở số 26, vì lượng Mn nhỏ, nên độ bền kéo đứt mong muốn không đạt được. Ở số 27, vì lượng Ti lớn và tỉ lệ đương lượng Ti/C cao, nên tỉ lệ diện tích ranh giới hạt góc nhỏ cao và cân bằng TS $\times$ T. El thấp. Ở số 28 và số 29, kích thước hạt Ti cacbua lớn và cân bằng Ti $\times$ λ thấp vì nhiệt độ cuộn trong cán nóng cao và nhiệt độ ủ trong dây chuyền mạ nhúng nóng liên tục cao.

Fig.3 minh họa mối quan hệ giữa cân bằng TS $\times$ T. El và tỉ lệ đương lượng Ti/C, Fig.4 minh họa mối quan hệ giữa cân bằng TS $\times$ λ và tỉ lệ đương lượng Ti/C. Rõ ràng khi tỉ lệ đương lượng Ti/C bằng 0,4-1,5, thì có thể nhận được tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg, là vật liệu tốt cả về độ dẻo và khả năng mở rộng lỗ.

Danh sách các ký hiệu tham chiếu

1. Mẫu lõi
2. Kẹp
3. Mẫu thử nghiệm

4. Tấm ngăn

5. Bảng thử nghiệm

6. Mỗi hàn

7. Mỗi hàn của phần hàn toàn viên của mẫu thử nghiệm

8. Phân chồng lán của mỗi hàn

9. Mặt cắt

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg và có độ bền kéo đứt 400 MPa trở lên và khả năng gia công tốt, tấm thép có lớp mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg trên bề mặt của vật liệu tấm thép, trong đó:

vật liệu tấm thép bao gồm (% khối lượng), C: 0,005-0,08%, Si: 0,8% trở xuống, Mn: 0,1-1,8%, P: 0,05% trở xuống, S: 0,02% trở xuống, N: 0,001-0,005%, Ti: 0,02-0,2%, B: 0,0005-0,01%, và Al: 0,1% trở xuống, Nb: 0,1% trở xuống tùy chọn hoặc V: 0,1% trở xuống tùy chọn, phần còn lại là Fe và các tạp chất không tránh khỏi; tỉ lệ đương lượng Ti/C được biểu diễn bởi công thức (1) dưới đây bằng 0,4-1,5; pha đơn ferit bainit hoặc pha bao gồm pha ferit bainit và pha ferit tồn tại dưới dạng pha chính; tỉ lệ diện tích của pha thứ hai cứng và xementit là 3% trở xuống; tỉ lệ ranh giới góc nhỏ với sự khác biệt về hướng tinh thể 2-15° là 30-75%; và cacbua chứa Ti có kích thước hạt trung bình 20 nm trở xuống được phân tán và kết tủa.

$$\text{Tỉ lệ đương lượng Ti/C} = (\text{Ti}/48)/(\text{C}/12) \quad (1)$$

trong đó ký hiệu của mỗi yếu tố trong công thức (1) được thay thế bởi hàm lượng (% khối lượng) của yếu tố trong vật liệu tấm thép.

2. Tấm thép theo điểm 1, trong đó:

tính theo phần trăm khối lượng, tấm thép bao gồm, Mn: 0.5% tới 1.8%.

3. Tấm thép theo điểm 1 hoặc 2, trong đó:

tính theo phần trăm khối lượng, thành phần chất mạ của tấm thép mạ bao gồm: Al: 3,0-22,0%, Mg: 0,05-10,0%, Ti: 0-0,10%, B: 0-0,05%, Si: 0-2,0%, Fe: 0-2,0%, với phần còn lại là Zn và các tạp chất không thể tránh khỏi.

4. Phương pháp sản xuất tấm thép mạ nhúng nóng độ bền cao hệ hợp kim Zn-Al-Mg theo điểm 1,

phương pháp bao gồm các bước được thực hiện lần lượt đối với vật liệu tấm thép: cán nóng, tẩy gỉ, ủ và mạ nhúng nóng với hệ hợp kim Zn-Al-Mg trong dây

chuyển mạ nhúng nóng liên tục, trong đó nhiệt độ cuộn trong cán nóng là 500-650°C và nhiệt độ ủ trong dây chuyển mạ nhúng nóng liên tục là 550-720°C.

5. Phương pháp theo điểm 4, trong đó

tính theo phần trăm khối lượng, thành phần chất mạ của tấm thép mạ nhúng nóng hệ hợp kim Zn-Al-Mg bao gồm: Al: 3,0-22,0%, Mg: 0,05-10,0%, Ti: 0-0,10%, B: 0-0,05%, Si: 0-2,0%, Fe: 0-2,0%, với phần còn lại là Zn và các tạp chất không thể tránh khỏi.

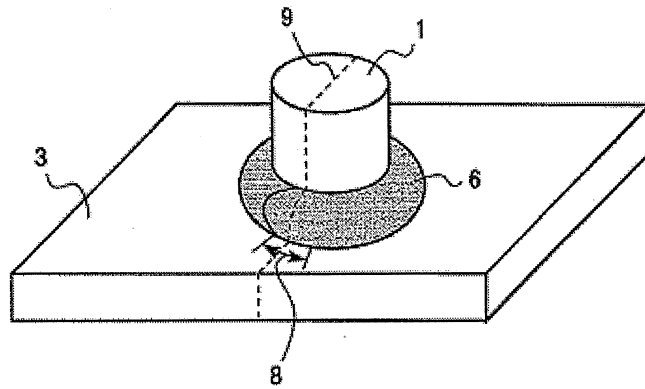


Fig.1

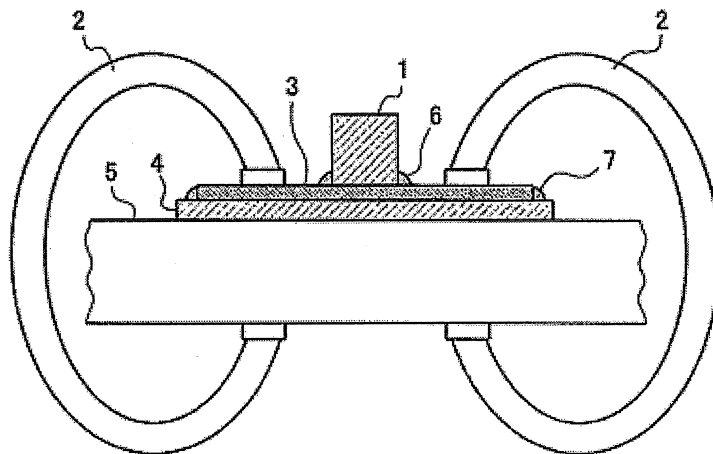


Fig.2

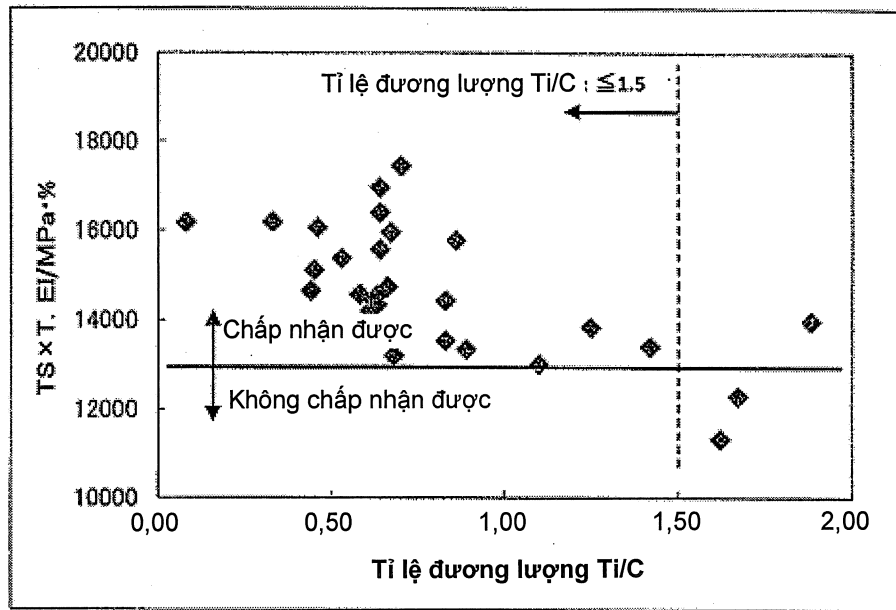


Fig.3

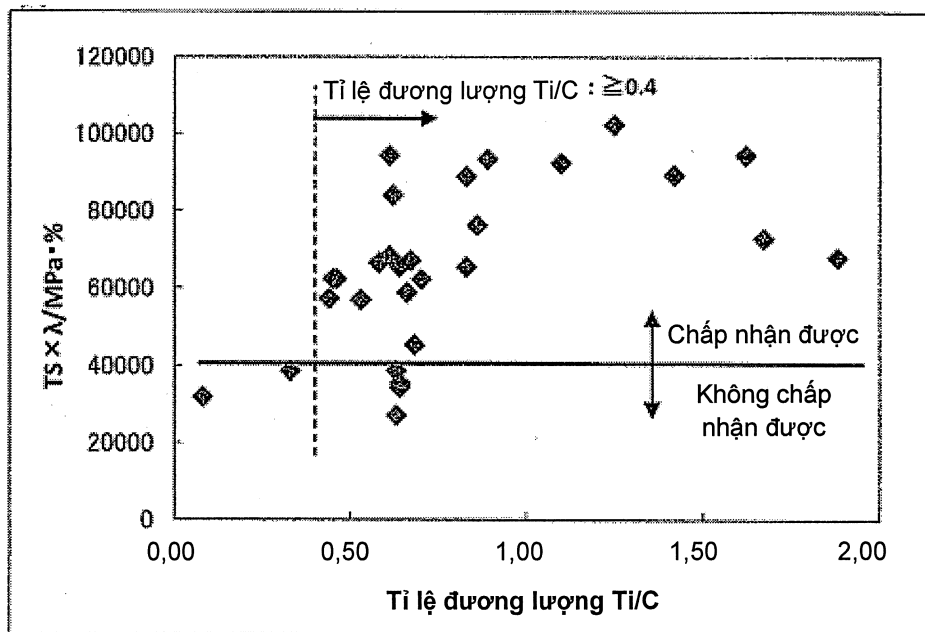


Fig.4