



(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)



1-0029525

(51)⁷ B23K 35/02; C22F 1/04; C22C 21/14;
C22C 21/16; B32B 15/01; C22C 21/00

(13) B

(21) 1-2015-00624

(22) 26/07/2013

(86) PCT/SE2013/050932 26/07/2013

(87) WO2013/017976 30/01/2014

(30) 1250901-4 27/07/2012 SE

(45) 25/09/2021 402

(43) 25/06/2015 327A

(73) GRÄNGES SWEDEN AB (SE)

S-612 81 Finspång, Sweden

(72) OSKARSSON Anders (SE); HALLER Scott (US); HUTCHINSON Bevis (SE).

(74) Công ty Luật TNHH Phạm và Liên danh (PHAM & ASSOCIATES)

(54) DẢI CHỐNG ĂN MÒN, PHƯƠNG PHÁP SẢN XUẤT DẢI NÀY VÀ BỘ TRAO ĐỔI NHIỆT HÀN VỎ BAO GỒM DẢI NÀY

(57) Sáng chế đề cập đến dải chống ăn mòn. Dải này bao gồm lõi, và lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si tùy chọn. Lớp trung gian có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố (với tỉ lệ phần trăm khối lượng) như sau:

Si $\leq 0,9\%$,

Fe $\leq 0,7\%$,

Cu $\leq 0,5\%$,

Mn 0,5-1,8%,

Mg $\leq 0,7\%$,

Zn $\leq 4,0\%$,

Ni $\leq 1,5\%$,

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng của chúng $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al.

Lõi bên lớp trung gian sau khi hàn vảy. Lớp trung gian có tỉ lệ thể tích của thành phần kết cấu là ít nhất 30%.

Ngoài ra, sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất dải chống ăn mòn, và bộ trao đổi nhiệt hàn vảy bao gồm dải chống ăn mòn này.

Lĩnh vực kĩ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập chung đến dải vật liệu có khả năng chống ăn mòn tốt sau khi hàn vảy và được dự định dùng để sản xuất các bộ phận bằng phương pháp hàn vảy, chẳng hạn các bộ phận được làm từ các ống và/hoặc các tấm của bộ trao đổi nhiệt. Các ống hoặc các tấm này có thể có hoặc không có lớp vỏ hàn vảy, tùy theo ứng dụng.

Sáng chế còn đề cập đến phương pháp sản xuất dải vật liệu này.

Tình trạng kĩ thuật của sáng chế

Việc giảm độ dày tấm và/hoặc các ứng dụng mới của bộ trao đổi nhiệt bằng nhôm hàn vảy trong các môi trường có tính ăn mòn mạnh đặt ra yêu cầu phải sử dụng nhiều vật liệu phức hợp có khả năng chống ăn mòn cải thiện trong sản phẩm hàn vảy cuối cùng. Nói chung, các sản phẩm này có mối hàn được tạo ra bằng kim loại độn mà trước khi hàn vảy được đưa lên một hoặc vài mặt của các bộ phận cấu thành khác nhau. Cách phổ biến nhất là sử dụng dải cán có lõi không nóng chảy và lớp phủ chứa hợp kim Al-Si. Lớp phủ này thường chứa khoảng 4-13% silic và sẽ nóng chảy trong quá trình hàn vảy ở nhiệt độ khoảng 600°C. Các mối hàn được tạo thành bằng kim loại độn thấm đến các điểm hàn mong muốn rồi hoá rắn để tạo ra mối nối bằng kim loại rắn giữa các bộ phận riêng lẻ.

Các bộ trao đổi nhiệt hàn vảy bao gồm các bộ phận khác nhau, chẳng hạn như các ống, các cánh, các tấm, v.v., được hàn vảy với nhau. Các hợp kim khác nhau thường được sử dụng làm các ống, các tấm này, v.v., và các thành phần này thường được bảo vệ khỏi bị ăn mòn nhờ các cánh ăn mòn điện hoá thay thế. Trong một số ứng dụng và tại một số vị trí trao đổi nhiệt thì điều này là chưa đủ, mà bản thân các ống/các tấm này cũng cần phải có khả năng chống ăn mòn tốt. Các thiết kế khác nhau của bộ trao đổi nhiệt hàn vảy có thể sử dụng các giải pháp khác nhau cho các ống, các cánh này, v.v., và lớp phủ hàn vảy có thể được phủ lên các bộ phận này. Lớp phủ hàn vảy này thường được phủ lên vật liệu làm ống và tấm.

Sở dĩ phải sử dụng các hợp kim khác nhau cho các bộ phận khác nhau là vì, ở các bộ trao đổi nhiệt hàn vảy, thì thường cần phải chọn các hợp kim khác nhau cho các bộ phận cánh, ống, và tấm khác nhau để tránh sự ăn mòn và làm thủng các ống và các tấm này, bằng cách dùng các cánh ăn mòn thay thế. Việc sử dụng các hợp kim khác nhau thường được thực hiện bằng cách dùng Zn hợp kim hoá các cánh này để giảm điện thế ăn mòn của chúng xuống mức thích hợp so với các bộ phận khác của, ví dụ, bộ trao đổi nhiệt hàn vảy. Cùng với cách đó, các vật liệu được sử dụng làm các

ống và các tấm thường được bổ sung thêm Mn và Cu nhằm mục đích tăng điện thế ăn mòn của chúng.

Hiện có nhu cầu sản xuất các bộ phận có trọng lượng nhẹ cho thị trường ô tô. Do đó, nhiều nghiên cứu đã được thực hiện để có thể giảm trọng lượng của các bộ trao đổi nhiệt bằng cách sử dụng các dải vật liệu mỏng hơn mà không làm giảm chất lượng sản phẩm và đặc tính sản xuất khác. Để có thể thực hiện được điều này thì cần phải tạo ra các vật liệu mới có độ bền sau hàn vảy cao hơn so với các vật liệu vẫn thường được sử dụng, mà vẫn có các đặc tính chống ăn mòn phù hợp. Đối với các ống và các tấm, thì điều này có nghĩa là chúng thường cần được bảo vệ theo cách phải hy sinh các bộ phận khác của bộ trao đổi nhiệt, bằng cách có điện thế ăn mòn cao hơn so với các bộ phận này. Rất khó đạt được độ bền sau hàn vảy cao hơn nếu không làm giảm khả năng chống ăn mòn và khả năng chống thấm lõi lỏng trong khi hàn vảy. Sự thấm lõi lỏng sẽ làm giảm đáng kể khả năng chống ăn mòn của các sản phẩm hàn vảy. Chỉ khi các vật liệu mới thoả mãn được các yêu cầu này thì mới có thể sử dụng các ống mỏng hơn mà có độ bền sau hàn vảy cao, và giảm được trọng lượng so với các sản phẩm đang được sử dụng.

Các hợp kim được gọi là các hợp kim có tuổi thọ dài (Long Life alloys) đã được phát triển để có khả năng chống ăn mòn tăng cường bằng cách tạo ra lớp bề mặt dễ bị ăn mòn hơn sau khi hàn vảy, bằng cách tạo ra điện thế ăn mòn trên bề mặt thấp hơn so với điện thế ăn mòn ở tâm của lõi. Các hợp kim này chủ yếu được phủ lên các ống và các tấm vốn rất cần phải có đặc tính chống ăn mòn. Điện thế ăn mòn trên bề mặt thấp hơn là do có nhiều mangan và đồng trong dung dịch rắn ở tâm lõi hơn so với trên bề mặt lõi. Điều này là do sự khuếch tán của silic và đồng giữa lõi và lớp phủ hàn vảy, kết hợp với hợp phần lõi và quá trình xử lý trước. Bề mặt dễ bị ăn mòn hơn cũng có thể được tạo ra bằng cách hợp kim hoá lớp phủ bằng kẽm, là kim loại sẽ khuếch tán về phía tâm lõi trong quá trình hàn vảy. Sau khi hàn vảy, thì lượng kẽm cao hơn tại bề mặt sẽ làm cho bề mặt này bị ăn mòn thay cho tâm lõi. Nguyên lý này được sử dụng để vừa bảo vệ sự ăn mòn phía nước nhờ lớp phủ không nóng chảy, vừa làm nóng chảy các lớp vỏ hàn vảy.

Các vật liệu dạng dải có thể được tạo ra với các độ cứng khác nhau trước khi tạo hình. Điều này có thể dẫn đến các vấn đề về khả năng tạo hình nếu được phân phối trong tình trạng bị biến dạng với độ cứng H1X (ví dụ, H14 hoặc H16) và nhỏ hơn H2X (ví dụ, H24 hoặc H26). Nếu được phân phối với độ cứng O và bị biến dạng trước khi hàn vảy, thì có thể nảy sinh các vấn đề với hiện tượng được gọi là sự di chuyển màng lỏng (Liquid Film Migration - LFM) trong khi hàn vảy, đem lại khả năng hàn vảy kém và khả năng chống ăn mòn sau hàn vảy rất kém. Sự chảy thấm của lõi lỏng trong khi hàn vảy sẽ làm giảm khả năng hàn vảy và độ bền, tức khả năng chống ăn mòn, sau hàn vảy. Vấn đề này sẽ trở nên càng trầm trọng hơn khi độ dày

lớp cuối cùng trên sản phẩm cuối cùng mỏng. Yêu cầu cao về khả năng chống ăn mòn tốt sau hàn vảy rất khó được thỏa mãn.

Kết cấu đa lớp cũng đã được đề xuất, trong đó lõi phải được bảo vệ khỏi lớp phủ hàn vảy trong lúc hàn vảy và/hoặc khả năng bảo vệ ăn mòn sau hàn vảy phải được cải thiện.

Theo phương pháp đã biết được bộc lộ trong patent Mỹ số US 6,555,251, đã tạo ra được vật liệu bốn lớp, trong đó, lớp trung gian có hàm lượng Si cao hơn so với vật liệu lõi. Tuy nhiên, vật liệu này cũng không có đủ khả năng chống ăn mòn và khả năng chống thấm hàn vảy.

Phương pháp khác để sản xuất dải hoặc tấm vật liệu dùng cho các bộ trao đổi nhiệt cũng được bộc lộ trong patent Mỹ số US 6,743,396, trong đó, hợp kim được mô tả có chứa $\leq 0,5\%$ Fe, $1,0-1,8\%$ Mn, $0,3-1,2\%$ Si, $\leq 0,3\%$ Mg, $\leq 0,1\%$ Cu, $\leq 0,1\%$ Zn, $\leq 0,1\%$ Ti, $0,05-0,4\%$ Cr+Zr, $\leq 0,15\%$ Sn, còn lại là nhôm và các tạp chất không thể tránh được, tỉ số $\%Sn/\%Si \geq 0,03$. Các thỏi vật liệu được đúc, sau đó được gia nhiệt sơ bộ đến nhiệt độ cán ban đầu dưới 520°C trong nhiều nhất là 12 giờ và được cán nóng đến độ dày từ 2 đến 10 mm với nhiệt độ cán nóng cuối cùng không dưới 250°C . Quá trình ủ cuối cùng được thực hiện tại nhiệt độ thấp nhất là 300°C , điều này có nghĩa là vật liệu đã hoàn toàn hoặc gần như được kết tinh lại. Tài liệu này không nhắc gì đến sự thấm vào lõi trong quá trình hàn vảy, và khả năng chống ăn mòn sau khi hàn vảy cũng không được đề cập. Nếu nhiệt độ ủ cuối cùng cao sẽ tạo ra cấu trúc kết tinh lại hoàn toàn hoặc một phần, theo như các tác giả sáng chế mô tả. Tài liệu này cũng không đề cập gì đến việc sử dụng vật liệu này làm lớp trung gian.

Kiểm nghiệm thực tế đối với vật liệu được sản xuất theo các phương pháp trước đây đã cho thấy rằng các đặc tính của dải nhôm là chưa đủ để dùng trong các ứng dụng nhất định khi nhà sản xuất cần giảm kích thước dải. Điều này đặc biệt đúng nếu cần độ bền cao sau hàn vảy cùng với khả năng chống ăn mòn cao và giảm khả năng thấm lõi lỏng của vật liệu.

Bản chất kĩ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất dải vật liệu để sản xuất các bộ phận hoặc các sản phẩm hàn vảy, dải vật liệu này có khả năng chống ăn mòn xuất sắc sau khi hàn vảy. Dải này chủ yếu được dùng làm ống có lớp phủ và tấm có lớp phủ.

Mục đích này được thực hiện nhờ dải chống ăn mòn như được xác định ở điểm yêu cầu bảo hộ độc lập 1 và phương pháp sản xuất dải chống ăn mòn như được xác định ở điểm yêu cầu bảo hộ độc lập 15. Các phương án thực hiện sáng chế được xác định ở các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Sáng chế giải quyết các vấn đề của giải pháp đã biết bằng cách tạo ra các đặc tính chống ăn mòn sau hàn vảy vượt trội và độ bền cao với khả năng hàn vảy xuất

sắc. Đồng thời, dải vật liệu theo sáng chế còn có thể được tạo hình một cách dễ dàng. Dải vật liệu theo sáng chế có thể ngăn chặn tất cả các kiểu thâm lỗi lỏng trong quá trình hàn vảy đối với các chu trình tạo hình và hàn vảy khác nhau. Lý do là nhờ các đặc tính được kiểm soát của lớp trung gian như được xác định theo sáng chế.

Dải vật liệu này bao gồm lõi. Lõi này được phủ lớp xen giữa, sau đây được gọi là lớp trung gian, lên một hoặc cả hai mặt của nó. Tốt hơn nếu lớp trung gian này được phủ hợp kim hàn vảy hoặc loại lớp phủ bất kỳ khác chứa Al-Si. Theo cách khác, lớp trung gian này không được phủ hợp kim hàn vảy.

Dải chống ăn mòn theo sáng chế bao gồm lõi là hợp kim chứa nhôm, và lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si tùy chọn. Lớp trung gian có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố (với tỉ lệ phần trăm khối lượng) sau đây:

Si $\leq 0,9\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu từ 0,1 đến 0,55%, tốt hơn nữa nếu từ 0,15 đến 0,40%

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Mn từ 0,5 đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7 đến 1,7%, tốt hơn nữa nếu từ 0,9 đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Zn $\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng số $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng số $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

Lõi được làm cho bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy, bằng cách lần lượt chọn thành phần của lõi và lớp trung gian một cách phù hợp. Ngoài ra, lớp trung gian có tỉ lệ thể tích của thành phần kết cấu là ít nhất 30%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 50%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 70%, tốt nhất là ít nhất 85%.

Theo một phương án, thành phần kết cấu này là một thành phần của nhóm bao gồm cấu trúc P $\{110\} \langle 111 \rangle$, lập phương $\{001\} \langle 100 \rangle$, lập phương xoay $\{001\} \langle 110 \rangle$ hoặc $\{001\} \langle 310 \rangle$ và cấu trúc Goss $\{011\} \langle 100 \rangle$, tốt hơn nếu là cấu trúc P $\{110\} \langle 111 \rangle$.

Thực tế là lớp trung gian có thành phần kết cấu cụ thể này sẽ tạo thành các biên hạt có khả năng chống thấm chất lỏng nóng chảy, nhờ đó thu được dải vật liệu có khả năng chống thấm lõi lỏng xuất sắc trong khi hàn vảy.

Dải vật liệu theo sáng chế có thể được sản xuất bằng phương pháp bao gồm bước tạo ra thỏi lõi bằng hợp kim chứa nhôm, đặt lớp trung gian vào thỏi lõi này, một cách tùy chọn, tạo ra lớp phủ Al-Si vào lớp trung gian, lớp trung gian này có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 0,9\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu từ 0,1 đến 0,55%, tốt hơn nữa nếu từ 0,15 đến 0,40%

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Mn từ 0,5 đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7 đến 1,7%, tốt hơn nếu từ 0,9 đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Zn $\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng số $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng số $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

và trong đó, lõi sau hàn vảy là bền hơn lớp trung gian, một cách tùy chọn, xử lý nhiệt là nung sơ bộ thỏi lõi đã có lớp trung gian, cán nóng để thu được dải vật liệu có lõi và lớp trung gian, cán nguội dải thu được sao cho lớp trung gian được giảm ít nhất là 90% chiều cao, tốt hơn nếu ít nhất là 95%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 97,5%, tốt nhất là ít nhất 99% sau bước xử lý nhiệt cuối cùng để làm tái kết tinh lớp trung gian, xử lý nhiệt dải cán nguội đến độ cứng phân phối nhằm mục đích làm mềm vật liệu bằng cách tôi mà không làm tái kết tinh lớp trung gian.

Lớp trung gian có thể, ví dụ, được tạo ra dưới dạng thỏi lớp trung gian và được đính vào thỏi lõi, hoặc theo cách khác là được đúc trực tiếp lên thỏi lõi.

Đã phát hiện ra rằng, bằng cách điều khiển rất chính xác lực dẫn động thực để tái kết tinh vật liệu của lớp trung gian trong khi hàn vảy, thì có thể giảm khả năng thấm lõi lỏng trong khi hàn vảy xuống rất thấp. Lực dẫn động thực để tái kết tinh là lực dẫn động thu được bằng cách lấy lực biến dạng tích trữ trừ đi lực hãm gây ra bởi mật độ hạt. Dải vật liệu theo sáng chế đạt được lực dẫn động thực chính xác để tái kết tinh vật liệu trong khi hàn vảy nhờ sự kết hợp của các hợp phần cũng như sự biến

dạng nguội chính xác của lớp trung gian mà không tái kết tinh trước khi hàn vảy. Cũng cần độ chính xác cao trong quy trình đúc và các bước xử lý nhiệt để đạt được kích thước và mật độ hạt lặp lại được vốn cung cấp áp lực hãm được điều khiển để tái kết tinh.

Theo một phương án của sáng chế, lõi có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố (với tỉ lệ phần trăm khối lượng) như sau:

Si $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$, tốt nhất nếu $\leq 0,15\%$

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu từ 0,1 đến 1,0%, tốt hơn nữa nếu từ 0,3 đến 0,9%, tốt nhất là từ 0,3 đến 0,7%

Mn từ 0,5 đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7 đến 1,7%, tốt hơn nữa nếu từ 0,9 đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Zn $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $< 0,05\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng số $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng số $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al.

Theo một phương án khác, kích thước hạt trung bình của lớp trung gian sau khi hàn vảy được điều chỉnh đến ít nhất là 100 μm , tốt hơn nếu ít nhất là 150 μm , tốt hơn nữa nếu ít nhất là 250 μm , tốt hơn nữa nếu ít nhất là 300 μm , tốt nhất nếu ít nhất là 400 μm .

Theo phương án khác nữa, lớp trung gian, ở điều kiện phân phối, bao gồm các hạt giàu Mn với lượng hạt, có đường kính nằm trong khoảng 30-400 nm, ít nhất, theo mật độ hạt thể phân tán, nằm trong khoảng từ $1 \cdot 10^6$ đến $20 \cdot 10^6$, tốt hơn nếu từ $1,3 \cdot 10^6$ đến $10 \cdot 10^6$, tốt nhất là từ $1,4 \cdot 10^6$ đến $7 \cdot 10^6$, hạt/ mm^2 .

Theo một phương án nữa, các đặc tính của dải vật liệu có thể được cải thiện thêm bằng công đoạn cán nguội, cân bằng sức căng, và các quy trình tương tự khác, để thực hiện công đoạn gia công nguội, sau bước xử lý nhiệt cuối cùng (nhằm mục đích làm mềm vật liệu bằng cách tôi) mà trong đó lõi không tái kết tinh, với mức độ gia công nguội từ 0,05-20%, tốt hơn nếu từ 0,05-15%, tốt hơn nữa nếu từ 0,05-10%, tốt nhất là từ 0,05-5%. Theo cách này, kích thước hạt của lớp trung gian có thể được điều chỉnh thêm. Vật liệu thu được có thể có độ bền cao sau khi hàn vảy cùng với khả năng hàn vảy tốt, khả năng chống ăn mòn sau hàn vảy cao và khả năng thấm lõi lỏng trong khi hàn vảy thấp. Đồng thời, có thể đạt được khả năng tạo hình tốt ở độ

cứng khi phân phối. Lớp trung gian có điện thế ăn mòn có thể được điều chỉnh đến điện thế ăn mòn của lớp lõi của vật liệu, để lõi được bảo vệ thay thế.

Sáng chế cũng đề cập đến việc sử dụng dải chống ăn mòn khi sản xuất sản phẩm hàn vảy, và bộ trao đổi nhiệt hàn vảy bao gồm dải chống ăn mòn này. Dải vật liệu này có thể được sử dụng để tạo ra các sản phẩm bằng phương pháp hàn vảy bất kỳ, nhất là phương pháp hàn vảy trong môi trường không khí được điều chỉnh (Controlled Atmosphere Brazing - CAB). Tuy nhiên, việc sử dụng các hợp kim hàn vảy có chứa lượng magie phù hợp cũng có thể cho phép sử dụng dải vật liệu theo sáng chế khi hàn vảy trong chân không.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình thể hiện các mặt cắt của các miếng vật liệu được dát mỏng theo sáng chế sau 45 ngày SWAAT (thử nghiệm bằng nước biển và axit axetic), trong đó, Fig.1 a) thể hiện mẫu 3a dày 0,15 mm, Fig.1 b) thể hiện mẫu 3b dày 0,20 mm, Fig.1 c) thể hiện mẫu 3c dày 0,25 mm.

Fig.2 là hình thể hiện các mặt cắt của các miếng vật liệu được dát mỏng theo sáng chế sau 60 ngày SWAAT, trong đó, Fig.2 a) thể hiện mẫu 3a dày 0,15 mm, Fig.2 b) thể hiện mẫu 3b dày 0,20 mm, Fig.2 c) thể hiện mẫu 3c dày 0,25 mm.

Fig.3 là hình thể hiện các mặt cắt của các miếng vật liệu được dát mỏng theo sáng chế sau 74 ngày SWAAT, trong đó, Fig.3 a) thể hiện mẫu 3a dày 0,15 mm, Fig.3 b) thể hiện mẫu 3b dày 0,20 mm, Fig.3 c) thể hiện mẫu 3c dày 0,25 mm.

Fig.4 là hình thể hiện lớp trung gian theo sáng chế, được thể hiện với các hạt có cấu trúc $\{110\}<111>$ được tô màu đen, và các hạt có các thành phần cấu trúc khác thì được tô màu xám nhạt. Tỷ lệ chiều cao của hình ảnh này được thể hiện khác với tỷ lệ chiều rộng, để nhìn cho rõ. Chiều cao này vào khoảng 20 μm .

Fig.5 là hình thể hiện ODF (Orientation Distribution Function - hàm phân bố hướng) của lớp trung gian theo sáng chế.

Fig.6 là hình thể hiện ODF của lớp trung gian được làm từ vật liệu so sánh.

Fig.7 thể hiện hình ảnh cấu trúc vi mô của hạt sau khi được hàn vảy của vật liệu so sánh mà đã được tôi mềm và được kéo căng 4% trước khi hàn vảy. Mặt có lớp trung gian biểu hiện sự di chuyển màng lỏng đáng kể.

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây dựa vào các phương án thực hiện ưu tiên nhất định. Tuy nhiên, cần lưu ý rằng sáng chế không bị giới hạn ở các phương án cụ thể này, mà có thể được thay đổi trong phạm vi của các điểm yêu cầu bảo hộ kèm theo.

Dải vật liệu theo sáng chế có khả năng chống ăn mòn xuất sắc sau khi hàn vảy, tức khả năng chống rỉ mòn tốt, và rất khó bị thấm lõi lỏng trong lúc hàn vảy.

Dải vật liệu này cũng có thể được tạo các đặc tính tạo hình tốt trong tình trạng được phân phối và/hoặc độ bền cao sau khi hàn vảy, tùy theo vật liệu lõi/quy trình sản xuất được sử dụng.

Quá trình sản xuất dải vật liệu này được thực hiện trong một số giai đoạn. Theo một phương án, dải vật liệu này được sản xuất bằng cách trước hết là đúc các lớp phủ, lớp trung gian và các vật liệu lõi. Sau đó, vật liệu lớp phủ ngoài cùng được lột ra và được nung sơ bộ theo các thực trạng và các quy trình công nghiệp tiêu chuẩn trước khi cán thành tấm có độ dày thích hợp, rồi được cắt với chiều dài mong muốn. Vật liệu lớp trung gian được lột ra và được nung sơ bộ đến nhiệt độ không quá 520°C và không dưới 380°C và được ngâm trong 1-24 giờ tại nhiệt độ này trước khi cán thành tấm có độ dày thích hợp, rồi cũng được cắt với chiều dài mong muốn. Sau đó, tấm vật liệu của lớp trung gian này được gắn lên một hoặc cả hai mặt của lõi bằng phương pháp gắn thích hợp, ví dụ, hàn theo cạnh dài của mặt giao giữa lõi/lớp trung gian. Sau đó, tấm thứ hai, ví dụ, tấm hàn vảy, được gắn vào tấm vật liệu của lớp trung gian, ví dụ, bằng phương pháp hàn dọc theo cạnh dài của mặt giao giữa tấm hàn vảy/lớp trung gian. Một cách tùy chọn, tấm vật liệu của lớp trung gian có thể được gắn mà không có tấm thứ hai nào được gắn vào nó. Một cách tùy chọn, tấm thứ hai có thể được gắn vào một mặt mà không có lớp trung gian nằm giữa tấm thứ hai và lõi.

Đến tiếp tục cải thiện khả năng chống thấm kim loại hàn vảy thì lõi có thể được làm cho không đồng nhất hoặc được làm cho đồng nhất tại nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng 520°C , tốt hơn nếu nhỏ hơn 490°C , tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 460°C . Nếu cần khả năng tạo hình tốt thì lõi có thể được làm cho đồng nhất tại nhiệt độ cao hơn 520°C , tốt hơn nữa nếu cao hơn 550°C , tốt nhất nếu cao hơn 580°C , thậm chí tốt hơn nữa nếu cao hơn 600°C .

Khả năng chống thấm lõi lỏng cao trong khi hàn vảy một phần là nhờ lớp trung gian có kích thước hạt rất lớn sau quá trình tái kết tinh, vốn xảy ra trong lúc hàn vảy. Điều này đạt được nhờ sự kết hợp giữa thành phần hoá học với các bước xử lý nhiệt của lớp trung gian và mức độ biến dạng nguội mà không làm tái kết tinh lớp trung gian khi sản xuất dải vật liệu. Theo một phương án của sáng chế, kích thước hạt trung bình của lớp trung gian sau khi hàn vảy nhỏ nhất là $100\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn nếu nhỏ nhất là $150\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ nhất là $250\text{ }\mu\text{m}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ nhất là $300\text{ }\mu\text{m}$, tốt nhất nếu nhỏ nhất là $400\text{ }\mu\text{m}$. Các bước sản xuất là đúc và xử lý nhiệt trước khi cán nóng được điều khiển để đạt được trạng thái gọi là Zener drag mức độ lớn và lặp lại được. Kết quả là, khi lớp phủ hàn vảy nóng chảy ra trong khi hàn vảy, thì kích thước hạt của lớp trung gian sẽ rất lớn, và chỉ có một ít biên hạt hiện hữu.

Ngoài ra, có được khả năng chống thấm lõi lỏng cao trong khi hàn vảy cũng là nhờ việc các biên hạt cũng thuộc loại không dễ thấm lõi lỏng. Các biên hạt này có thể được tạo ra trong các vật liệu có cấu trúc rất bền mà trong đó chỉ có một loại

hướng tinh thể nhất định. Phần trăm thể tích vật liệu lớp trung gian của thành phần kết cấu chiếm ít nhất là 30%, tốt hơn nữa nếu $\geq 50\%$, tốt hơn nữa nếu $\geq 70\%$, tốt nhất là $\geq 85\%$. Cấu trúc P, vốn được xác định dưới dạng $\{110\} <111>$, là một ví dụ ưu tiên của cấu trúc này. Đã phát hiện ra rằng khả năng thấm lõi lỏng sẽ càng giảm nếu cấu trúc P ở lớp trung gian càng bền. Cấu trúc P này có hai biến thể đối xứng. Các hạt trong mỗi biến thể chỉ có các biên hạt với góc thấp, và chúng có khả năng chống thấm chất lỏng nóng chảy. Sự lệch hướng giữa hai hướng P lý tưởng có đặc điểm là giống nhau, và cũng khó bị thấm chất lỏng nóng chảy hơn so với các biên góc cao khác. Tỷ lệ thể tích của cấu trúc P mà càng cao thì khả năng chống thấm chất lỏng vào biên hạt càng cao. Các loại cấu trúc khác mà cũng thuộc phạm vi của sáng chế bao gồm cấu trúc lập phương $\{001\} <100>$, lập phương xoay $\{001\} <110>$ hoặc $\{001\} <310>$ và cấu trúc Goss $\{011\} <100>$. Do đó, cấu trúc này của lớp trung gian sẽ làm cho dải vật liệu khó bị thấm lõi lỏng trong phần còn lại của hoạt động hàn vậy.

Mức độ biến dạng cao sẽ làm tăng lực dẫn động, còn lượng lớn hạt nhỏ sẽ kìm hãm lực dẫn động để tái kết tinh. Lực dẫn động này sẽ càng tăng nếu mức độ cán càng tăng, nhất là cán nguội, nhưng sẽ giảm do sự phục hồi trong quá trình ủ cứng. Việc điều khiển định lượng lực dẫn động và áp lực hãm là một yếu tố rất quan trọng để thu được các đặc tính vật liệu tốt cho lớp trung gian tại các giai đoạn khác nhau của quá trình sản xuất. Do đó, tốt hơn nếu các hạt phân tán nhỏ được điều chỉnh bằng cách nung sơ bộ gói bao gồm tấm lót lõi, các lớp phủ của lớp trung gian và các lớp phủ hàn vậy tùy chọn đến dưới 550°C , tốt hơn nếu từ $380-520^{\circ}\text{C}$, tốt hơn nữa nếu từ $450-520^{\circ}\text{C}$, tốt nhất là từ $470-520^{\circ}\text{C}$, trước khi cán nóng, kết hợp chủ yếu với thành phần hoá học. Theo cách khác, tấm lót lớp trung gian có thể đã được xử lý nhiệt tại các nhiệt độ này trước khi gắn vào tấm lót lõi. Thời gian ngâm tại nhiệt độ khi đạt đến nhiệt độ mục tiêu là từ 1-24 giờ. Mật độ hạt tỉ lệ thuận với áp lực hãm vốn cản trở quá trình tái kết tinh.

Trong tình trạng như được đúc hoặc được cán nóng, lớp trung gian được giảm độ dày, bằng cách cán, xuống ít nhất là 90%, tốt hơn nếu ít nhất là 95%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 97,5%, tốt nhất nếu ít nhất là 99%, sau bước xử lý nhiệt cuối cùng vốn gây ra sự tái kết tinh của lớp trung gian trong trường hợp xảy ra sự tái kết tinh. Sau đó, dải cán nguội này được xử lý nhiệt đến độ cứng khi phân phối, nhằm mục đích làm mềm vật liệu bằng cách tôi mà không gây ra sự tái kết tinh nào đối với hợp kim lớp trung gian. Việc mức độ biến dạng không bị giảm xuống dưới các giới hạn nêu trên do các bước xử lý nhiệt, vốn làm tái kết tinh lớp trung gian, là một yếu tố quan trọng. Tuy nhiên, lõi có thể được làm tái kết tinh hoặc không được làm tái kết tinh trong tình trạng được phân phối.

Khả năng chống thấm lõi lỏng cao cũng là nhờ sự khuếch tán của silic từ lớp phủ hàn vậy (hoặc loại lớp phủ nhôm-silic bất kỳ khác) vào lớp trung gian trong lúc

hàn vảy hoặc tôi độ cứng cuối cùng. Trên thực tế, lớp phủ hàn vảy này có thể là lớp được phủ lên chính dải vật liệu hoặc lên bộ phận mà dải vật liệu này cần được hàn vảy vào đó, tùy theo mục đích sử dụng dải vật liệu. Sự khuếch tán silic vào lớp trung gian sẽ kết hợp với mangan dư và tạo thành các hạt mịn giàu Mn với mật độ cao, vốn cần thiết để điều khiển quá trình phát triển cấu trúc hạt. Do đó, thành phần của lớp trung gian cũng là một yếu tố quan trọng để bảo đảm rằng các hạt này có thể được hình thành trong quá trình hàn vảy.

Dải vật liệu chống ăn mòn theo sáng chế bao gồm lõi và lớp trung gian, trong đó, lõi sau khi hàn vảy là bền hơn so với lớp trung gian. Điều này có nghĩa là lớp trung gian sẽ bị ăn mòn điện hoá thay cho lõi, và có điện thế ăn mòn tồn tại giữa lõi và lớp trung gian. Khả năng chống ăn mòn rỉ và ăn mòn thùng của dải vật liệu này trở nên rất cao. Có thể đạt được khả năng này bằng cách lựa chọn thành phần hoá học và quy trình xử lý thích hợp cho các lớp tương ứng của dải vật liệu.

Như đã nêu trên, dải vật liệu theo sáng chế bao gồm lõi và lớp trung gian. Lớp phủ hàn vảy hoặc loại lớp phủ chứa hợp kim nhôm khác có thể được phủ một cách thích hợp lên trên cùng của lớp trung gian, sao cho lớp trung gian được kẹp giữa lõi và lớp phủ này. Theo cách khác, lớp phủ hàn vảy có thể được phủ lên bộ phận mà dải vật liệu sẽ được hàn vảy lên đó, sao cho sau khi hàn vảy thì lớp trung gian sẽ nằm giữa lõi và lớp phủ hàn vảy này sau khi hàn.

Dải vật liệu này cũng có thể bao gồm các lớp bổ sung nếu cần, mà không vượt quá phạm vi của sáng chế. Ví dụ, các lớp trung gian có thể có mặt trên cả hai mặt của lõi, hoặc loại lớp khác có thể có mặt trên mặt đối diện với mặt có lớp trung gian của lõi. Các ví dụ về các loại lớp này bao gồm, ví dụ, các lớp phủ phía tiếp xúc với nước để giảm thiểu hướng ăn mòn rỉ từ phía nước ở các bộ sinh nhiệt hoặc các bộ tản nhiệt trong các ứng dụng ô tô. Có thể thấy rằng mặt không có lớp trung gian sẽ quay mặt vào môi trường không có tính ăn mòn, và mặt này không cần phải có khả năng chống ăn mòn cao, do đó, có thể gắn lớp phủ hàn vảy hoặc tấm dát hàn vảy, chẳng hạn các lớp được sử dụng khi hàn vảy không có chất gây cháy theo phương pháp CAB.

Theo một phương án ưu tiên của sáng chế, lớp trung gian nằm kề ngay với lõi, tức không có lớp nào khác giữa lõi và lớp trung gian này.

Tác dụng hoá học của lớp trung gian sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Thành phần của lớp trung gian và tác dụng của các nguyên tố tạo hợp kim khác nhau sẽ được mô tả chi tiết hơn.

Mn trong các hạt phân tán và trong dung dịch rắn sẽ làm tăng độ bền sau hàn vảy. Ngoài ra, Mn được sử dụng để tạo ra lượng lớn hạt được kiểm soát và lặp lại được, vốn cần thiết để điều chỉnh cấu trúc hạt để giảm khả năng thấm lõi lỏng. Hàm lượng của lớp trung gian theo sáng chế là không dưới 0,5% và không quá 1,8% để hỗ trợ, ngoài những tính chất khác ra, độ bền của dải vật liệu theo sáng chế. Có thể đạt

được các đặc tính tối ưu một cách chắc chắn nếu hàm lượng Mn ít nhất là 0,7% và nhiều nhất là 1,7%, tốt hơn nữa nếu hàm lượng Mn nằm trong khoảng từ 0,9% đến 1,6%.

Fe có tác dụng bất lợi chủ yếu vì nó làm tăng nguy cơ tạo thành các hạt thành phần hợp kim cỡ lớn trong quá trình hoá rắn, và hàm lượng của nó không nên vượt quá 0,7% để tránh làm hạn chế số lượng và khả năng sử dụng Mn trong vật liệu. Tốt hơn nếu Fe được giới hạn ở mức $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$.

Si làm giảm độ tan của Mn và tạo ra các hạt phân tán với mật độ cao, kết hợp với Mn. Một lượng Si cũng có thể có trong dung dịch rắn. Cả trong dung dịch rắn lẫn trong các hạt phân tán, Si đều làm tăng độ bền. Lượng Si quá cao sẽ làm tăng nguy cơ thấm lỗi lỏng trong lúc hàn vảy. Hàm lượng Si của lớp trung gian nên $\leq 0,9\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,7\%$, tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,1% đến 0,55%, tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng từ 0,15% đến 0,40%.

Độ bền có thể được cải thiện thêm bằng cách bổ sung thêm các nguyên tố nhóm IVb, Vb, hoặc VIb, hoặc kết hợp các nguyên tố này, vào lớp trung gian theo sáng chế, vì một số trong số các nguyên tố này sẽ làm tăng mật độ hạt phân tán mịn. Nếu được bổ sung vào thì hàm lượng riêng rẽ của các nguyên tố này nên $\leq 0,3\%$, và tổng hàm lượng của các nguyên tố này nên $\leq 0,5\%$ để tránh tạo thành các hạt thành phần thô trong quá trình hoá rắn. Các hạt này có ảnh hưởng xấu đến khả năng tạo hình và độ bền của dải vật liệu được sản xuất theo sáng chế. Tốt hơn nếu hàm lượng của các nguyên tố nhóm IVb, Vb, hoặc VIb nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,2%. Theo một phương án, Zr, Ti và/hoặc Cr được sử dụng làm nguyên tố tạo thể phân tán từ các nhóm này, tốt hơn nếu hàm lượng của chúng nằm trong khoảng từ 0,05% đến 0,2%, tốt hơn nữa nếu từ 0,1% đến 0,2%. Ngoài ra, kết hợp với Mn và Fe, Cr và/hoặc Ti có thể tạo thành các hạt thành phần rất thô. Do đó, trong hợp kim được sử dụng theo sáng chế, nếu Cr hoặc Ti được bổ sung thì hàm lượng Mn nên thấp hơn khoảng được xác định nêu trên.

Hàm lượng của Cu được giới hạn ở mức nhiều nhất là 0,5%, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$, ở lớp trung gian theo sáng chế. Cu làm tăng độ bền, và cũng gây ra điện thế ăn mòn dương hơn, tức làm cho vật liệu “bền” hơn. Do đó, tùy theo thành phần của lõi mà hàm lượng Cu của lớp trung gian cần được giữ đủ thấp để bảo đảm tạo ra được sự chênh lệch điện thế ăn mòn mong muốn giữa lõi và lớp trung gian, để lớp trung gian có khả năng bảo vệ sự ăn mòn theo mong muốn.

Một lượng nhỏ Mg có thể được bổ sung vào lớp trung gian theo sáng chế, dưới dạng nguyên tố làm tăng độ bền. Tuy nhiên, vì Mg có ảnh hưởng rất xấu đến khả năng hàn vảy theo phương pháp CAB, nên hàm lượng của magie được giới hạn đến $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$. Nó còn làm tăng nguy cơ nóng chảy sớm của vật liệu tại nhiệt độ hàn vảy. Tuy nhiên, trong

hàn vảy chân không thì Mg là nguyên tố cần thiết để tạo ra các môi hàn thành công, và với mục đích hàn vảy chân không thì lượng Mg lên tới 0,7% là có thể chấp nhận được theo một phương án của sáng chế.

Zn có thể được cho vào để giảm điện thế ăn mòn của vật liệu lớp trung gian, và nhờ đó đem lại chức năng bảo vệ kiểu catốt cho vật liệu lõi. Hàm lượng Zn được sử dụng thường được hạn chế ở 4,0%, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$. Tuy nhiên, trong tất cả các trường hợp thì sự chênh lệch điện thế ăn mòn giữa lõi và lớp trung gian đều cần phải được cân đối sao cho lớp trung gian kém bền về mặt điện hoá hơn so với lõi sau khi hàn vảy.

Lớp trung gian cũng có thể bao gồm $\leq 1,5\%$ Ni mà không tác động xấu đến các đặc tính của lớp trung gian. Tuy nhiên, theo một phương án, hàm lượng Ni là $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$. Theo một phương án, lớp trung gian gần như không có Ni.

Tốt hơn nếu lượng Sn ở lớp trung gian được giữ ở mức dưới 0,009% để tránh các vấn đề khi cán.

Tốt hơn nếu độ dày của mỗi lớp trung gian được gắn theo sáng chế nằm trong khoảng từ 2% đến 20% tổng độ dày của dải vật liệu.

Tác dụng hoá học của lõi sẽ được mô tả. Thành phần của lõi được chọn sao cho lõi bền hơn lớp trung gian, ít nhất là sau hàn vảy.

Tốt hơn nếu lõi của dải vật liệu theo sáng chế có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$, tốt nhất nếu $\leq 0,15\%$

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu từ 0,1 đến 1,0%, tốt hơn nữa nếu từ 0,3 đến 0,9%, tốt nhất là từ 0,3 đến 0,7%

Mn từ 0,5 đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7 đến 1,7%, tốt hơn nữa nếu từ 0,9 đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Zn $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $< 0,05\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $< 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng số $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng số $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al.

Như đã mô tả trên đây, thành phần của lõi được chọn một cách thích hợp trong các khoảng nêu trên sao cho lõi bền hơn lớp trung gian sau hàn vảy, và do đó,

hợp phần này phụ thuộc vào hợp phần chính xác của lớp trung gian đối với mỗi sự kết hợp khả thi. Tuy nhiên, người có hiểu biết trung bình trong lĩnh vực này cũng có thể chọn được các thành phần của các lớp khác nhau để đạt được sự chênh lệch điện thế ăn mòn giữa lõi và lớp trung gian. Trên thực tế, quá trình hàn vảy sẽ ảnh hưởng đến sự chênh lệch điện thế ăn mòn giữa lõi và lớp trung gian do sự khuếch tán của silic vào lớp trung gian. Hợp phần hoá học của lớp trung gian và lõi sẽ bị ảnh hưởng do sự khuếch tán vào nhau trong lúc hàn vảy. Cả lõi và lớp trung gian cũng đều biểu hiện gradien của các nguyên tố hoá học khác nhau qua khắp chiều dày của, ví dụ, lớp trung gian. Tuy nhiên, với hoạt động điều chỉnh cẩn thận thì có thể bảo đảm rằng lõi sẽ bền hơn lớp trung gian cả sau khi hàn vảy.

Sự ảnh hưởng của độ dày lớp phủ và hợp phần lớp phủ sẽ được mô tả tiếp dưới đây đối với các phương án mà trong đó có lớp phủ chứa Al-Si.

Để hàn vảy dải vật liệu được sản xuất theo sáng chế thì độ dày các lớp phủ hàn vảy được ưu tiên nằm trong khoảng từ 2% đến 20% tổng độ dày của dải vật liệu trên một hoặc cả hai mặt của kết cấu lõi/lớp trung gian. Các hợp kim được sử dụng có thể là, ví dụ, các hợp kim hàn vảy thông thường dựa trên Al-Si (Si từ 4-13%), chẳng hạn AA4343, AA4045 hoặc AA4047, cũng như các lớp phủ bảo vệ thông thường dựa trên các hợp kim Al tinh khiết hiện có trên thị trường (AA1XXX, Si từ 0-0,5%) và các biến thể của các hợp kim này (Si từ 0,5-4% hoặc Si từ 0,6-3%), chẳng hạn các hợp kim Al có hàm lượng Si vào khoảng 1%, 2%, hoặc 3%. Một cách tùy chọn, cũng có thể bổ sung một lượng Zn lên đến 4%, bao gồm các lượng là 0,5%, 1%, 2% và 3%, để thay đổi điện thế ăn mòn bề mặt ngay cả sau khi hàn vảy, và một cách tùy chọn, có thể bổ sung một lượng Bi lên đến 0,2% để làm ướt dễ hơn. Đối với phương pháp hàn vảy chân không, thì lớp phủ có thể chứa Mg với một lượng ít nhất là 0,5%, 1%, 1,5%, 2,0%, hoặc lên đến 2,5%, nhằm các mục đích phá vỡ oxit. Tốt hơn nếu lớp phủ được phủ bằng phương pháp cán dín.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Các chi tiết thực nghiệm

Tất cả các vật liệu được đúc ở quy mô phòng thí nghiệm và được lột ra, vật liệu lõi được xử lý nhiệt trong khoảng 2 giờ tại nhiệt độ 500°C, sau đó làm nguội chậm trước khi cán đến độ dày phù hợp. Tất cả các vật liệu theo sáng chế được đúc ở quy mô phòng thí nghiệm và được lột ra, và được nung sơ bộ trong khoảng 2 giờ tại nhiệt độ 500°C, sau đó làm nguội chậm trước khi cán đến độ dày phù hợp. Lớp phủ hàn vảy, lớp trung gian và hợp kim lõi được ủ đen để cho phép kết hợp lõi, lớp trung gian và lớp hàn vảy về mặt luyện kim một cách dễ dàng hơn bằng phương pháp cán nguội ở quy mô phòng thí nghiệm cho đến khi đạt được đúng độ dày. Công đoạn ủ đen là tùy chọn khi cán kết cấu thực.

Chồng vật liệu có tổng độ dày là 0,3 mm được tôi cứng ở nhiệt độ thích hợp khoảng 250-300°C để thu được độ cứng H24. Tốc độ gia nhiệt là 50°C/giờ lên đến nhiệt độ ngâm. Thời gian nghỉ là 2 giờ tại nhiệt độ này, tiếp theo là làm nguội với tốc độ 50°C/giờ đến nhiệt độ phòng. Tổng hệ số giảm mà không xảy ra sự tái kết tinh nào của lớp trung gian là trên 99% đối với tất cả các mẫu.

Quá trình hàn vảy theo phương pháp CAB được mô phỏng trong không khí tro mà không có chất gây cháy, bằng cách gia nhiệt từ nhiệt độ phòng đến 600°C trong 23 phút, nghỉ 3 phút, và làm nguội cưỡng bức trong lò xuống ~440°C, tiếp theo là để nguội tự do trong không khí.

Phần trăm khối lượng của các thành phần hoá học đo được bằng phương pháp quang phổ phát xạ (Optical Emission Spectrometry - OES) của các vật liệu được thể hiện trên Bảng 1. Các tổ hợp vật liệu và độ dày của các vật liệu sản xuất được, đo được bằng kính hiển vi quang học, được thể hiện trên Bảng 2. Để nghiên cứu cấu trúc thì các vật liệu được gấn, được nghiền, được đánh bóng, được ăn mòn và được phủ lớp oxit hoá anốt theo các quy trình tiêu chuẩn của phòng thí nghiệm trước khi kiểm tra bằng kính hiển vi quang học (Light Optical Microscopy - LOM), hoặc kính hiển vi điện tử quét (Scanning Electron Microscopy - SEM) có phương tiện dò electron tán xạ ngược (Equipped with Back Scatter electron Detection - EBSD) để kiểm tra cấu trúc, và phép thử Tensile (thử lực kéo đứt) được thực hiện theo chiều dọc trước và sau khi hàn vảy.

Phép thử ăn mòn SWAAT được thực hiện theo tài liệu ASTM G85-02, phụ lục A3, mà không có các kim loại nặng. Dung dịch nước biển tổng hợp được điều chế theo tài liệu ASTM D1141, nhưng là để điều chỉnh độ pH, vốn được thực hiện sau khi cho axit axetic; dung dịch chứa 1 M NaOH được sử dụng để đạt được độ pH là 2,9. Các mẫu được rút ra khỏi buồng thử, được làm sạch và được kiểm tra sự ăn mòn thủng lỗ bằng tấm bảng sáng. Thời gian đến lúc thủng lỗ (Time To Perforation - TTP) được ghi lại.

Bảng 1 Phần trăm khối lượng của các thành phần hoá học (đo được bằng phép phân tích OES).

Hợp kim		Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Zn	Zr	Ti
A (AA4343)	Lớp hàn vảy	7,7	0,20	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
B (AA4045)	Lớp hàn vảy	9,8	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
C	Lớp hàn vảy	5,4	0,20	<0,01	<0,01	<0,01	0,01	<0,01	<0,01
D	Lớp trung gian	0,53	0,24	<0,01	1,7	<0,01	0,02	0,11	0,02
E	Lớp trung gian	0,86	0,24	0,01	1,6	0,01	0,03	0,12	0,02
F	Lớp trung gian	,08	0,16	<0,01	1,0	<0,01	0,01	<0,01	0,21

G (AA3003)		0,13	0,50	0,11	1,1	0,01	0,03	<0,01	0,02
H	Lớp lõi	0,06	0,25	0,5	1,5	0,18	<0,01	<0,01	0,16
I	Lớp lõi	0,05	0,19	0,80	1,7	<0,01	<0,01	0,12	0,04
J	Lớp lõi	0,48	0,21	0,44	1,1	<0,01	<0,01	<0,01	0,04
K	Lớp lõi	0,07	0,22	0,32	1,2	0,23	0,02	<0,01	<0,01
M	Lớp lõi	0,58	0,25	0,62	1,4	0,03	<0,01	<0,01	0,14
N	Lớp lõi	0,05	0,19	0,80	1,7	<0,01	<0,01	0,12	0,04
O	Lớp lõi	0,06	0,23	0,65	1,7	0,04	<0,01	0,12	0,04
P	Lớp lõi	0,08	0,26	0,36	1,5	<0,01	<0,01	<0,01	0,16

Bảng 2 Độ bền của các tổ hợp hợp kim và độ bền SWAAT được biểu diễn dưới dạng thời gian đến khi thủng lỗ (TTP).

ID	Ghi chú	Lớp hàn vảy	Lớp trung gian	Độ dày lớp trung gian [μm]	Lớp lõi	Độ dày lớp [mm]	TTP (ngày)	Thời gian thu hồi mẫu SWAAT (ngày)
1a	Theo sáng chế	A	D	11	H	0,15	45-60	10, 21, 32, 45, 60, 74
1b	Theo sáng chế	A	D	13	H	0,2	74+	
1c	Theo sáng chế	A	D	19	H	0,25	74+	
2a	Theo sáng chế	B	D	10	H	0,15	60+	
2b	Theo sáng chế	B	D	12	H	0,2	60+	
2c	Theo sáng chế	B	D	18	H	0,25	60+	
3a	Theo sáng chế	C	D	10	H	0,15	45-60	
3b	Theo sáng chế	C	D	11	H	0,2	60+	
3c	Theo sáng chế	C	D	17	H	0,25	74+	
4	Theo sáng chế	A	G	20	H	0,2	60+	
5	Theo sáng chế	A	E	19	H	0,2	60+	
6	Theo sáng chế	A	D	20	K	0,2	60+	
7	Theo sáng chế	A	D	20	I	0,2	74+	
8	Theo sáng chế	A	F	21	H	0,2	74+	
9	Theo ví dụ so sánh	A	D	21	G	0,2	<10	
10	Theo sáng chế	A	D	23	J	0,2	74+	
11	Theo sáng chế	A	D	18	M	0,2	74+	
12	Theo ví dụ so sánh	A	-	-	H	0,2	<10	
13	Theo ví dụ so sánh	A	-	-	M	0,2	21-35	
14	Theo sáng chế	A	D	20	N	0,2	49+	10, 28, 45, 49
15	Theo ví dụ so sánh	A	-		N	0,2	10-28	
16	Theo sáng chế	A	D	20	O	0,2	49+	
17	Theo ví dụ so sánh	A	-		O	0,2	10-28	
18	Theo sáng chế	A	D	15	P	0,2	49+	
19	Theo sáng chế	A	D	30	P	0,2	49+	

Ví dụ 1 – Sự ảnh hưởng của lớp trung gian lên khả năng chống ăn mòn

Các kết quả của phép thử SWAAT được thể hiện trên Bảng 2 nêu trên. Tất cả các vật liệu mà có lõi bền hơn lớp trung gian thì đều có khả năng chống ăn mòn xuất sắc. Một tổ hợp lớp trung gian và lõi, tức vật liệu số 9, có lõi không bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy nên khả năng chống ăn mòn là rất kém.

Các vật liệu có các lớp trung gian được sản xuất theo sáng chế được so sánh với các vật liệu có cùng vật liệu lõi nhưng không có lớp trung gian.

Khả năng chống ăn mòn của các vật liệu có lớp trung gian theo sáng chế được cải thiện đáng kể so với các vật liệu không có lớp trung gian. Bảng 3 dưới đây là một trích đoạn của Bảng 2 để thể hiện điều này.

Bảng 3 Độ bền SWAAT của các tổ hợp hợp kim. Thời gian đến khi thủng lỗ (TTP).

ID	Ghi chú	Lớp hàn vảy	Lớp trung gian		Lớp lõi	TTP SWAAT (ngày)
			Kí hiệu	Độ dày		
1c	Theo sáng chế	A	D	19 um	H	74+
12	Theo ví dụ so sánh	A	-		H	<10
10	Theo sáng chế	A	D	18 um	M	74+
13	Theo ví dụ so sánh	A	-		M	21-35
14	Theo sáng chế	A	D	20 um	N	49+
15	Theo ví dụ so sánh	A	-		N	10-28
16	Theo sáng chế	A	D	20 um	O	49+
17	Theo ví dụ so sánh	A	-		O	10-28

Ví dụ 2 – Sự ảnh hưởng của độ dày lớp trung gian

Độ dày của lớp trung gian là một thông số cần phải được kiểm soát để đem lại kết quả mong muốn. Lớp phủ của lớp trung gian mà quá mỏng thì sẽ không thể đem lại các đặc tính đủ tốt sau khi hàn vảy. Lớp phủ của lớp trung gian mà quá dày thì sẽ gần giống như trường hợp chỉ có lớp lõi mà không có lớp trung gian nào, khả năng ăn mòn sẽ tăng lên đáng kể, và thậm chí có thể làm giảm khả năng chống ăn mòn của sản phẩm hàn vảy. Nói cách khác, nếu lớp trung gian mà quá dày thì các ưu thế của sự chênh lệch điện thế ăn mòn giữa lõi và lớp trung gian sẽ ít có tác dụng lên dải vật liệu.

Việc không chỉ kiểm tra thời gian đến khi thủng lỗ mà còn kiểm tra thiên hướng xuất hiện lỗ thủng, ví dụ, số lượng lỗ thủng trên một kích thước mẫu nhất định, và hình thái ăn mòn tổng quát, là một điều quan trọng. Thông thường, hình thái ăn mòn ngang với sự ăn mòn đều trên bề mặt là có lợi, còn sự rỗ mòn và sự ăn mòn giữa các hạt có thể gây ra ảnh hưởng xấu đến tuổi thọ của sản phẩm hàn vảy.

Bảng 4 dưới đây thể hiện kết quả đánh giá sự ăn mòn của tấm dát vật liệu với ba độ dày khác nhau. Phép đánh giá được thực hiện sau 45, 60 và 74 ngày thực hiện phép thử SWAAT đối với miếng mẫu có diện tích $60 \times 110 \text{ mm}^2$. Các mặt cắt của các miếng mẫu này sau phép thử SWAAT được thể hiện trên Fig.1, Fig.2 và Fig.3 đối với vật liệu mẫu 3a, 3b và 3c, trong đó, vật liệu mẫu 3c có lớp trung gian dày nhất, và vật liệu mẫu 3a có lớp trung gian mỏng nhất. Có thể thấy rằng lớp trung gian dày hơn sẽ đem lại khả năng chống lại sự ăn mòn có hại tốt hơn và hình thái ăn mòn có lợi hơn so với lớp trung gian mỏng hơn. Tuy nhiên, ngay cả lớp trung gian mỏng nhất như được bộc lộ trong đơn này cũng đem lại sự cải thiện đáng kể so với các vật liệu tương đương mà không có lớp trung gian, xem Ví dụ 1.

Bảng 4 Độ bền SWAAT và kết quả đánh giá sự ăn mòn của mẫu 3 với các độ dày lớp trung gian khác nhau.

SWAAT	Mẫu	Sự ăn mòn tấn công qua vật liệu	IGC	Ghi chú
45 ngày	3a	Không	Không	Ăn mòn ngang trên bề mặt
	3b	Không	Không	
	3c	Không	Không	
60 ngày	3a	Có, >20 vị trí	Mức độ vừa	Ăn mòn ngang với các lỗ thủng cục bộ
	3b	Không	Mức độ nhẹ	Ăn mòn ngang với một số chỗ sâu hơn, nhưng thường còn lại 50-70% độ dày lõi
	3c	Không	Mức độ nhẹ	
74 ngày	3a	Có, >20 vị trí	Mức độ vừa	Ăn mòn ngang với một số lỗ rỗ sâu hơn
	3b	Có, 10-15 vị trí	Mức độ vừa	Ăn mòn ngang với các lỗ thủng cục bộ sâu
	3c	Không	Mức độ nhẹ	Ăn mòn ngang với một số lỗ rỗ sâu hơn nhưng chưa thủng, thường còn lại ít nhất 50% độ dày

Các đặc tính cơ học

Các đặc tính cơ học của các vật liệu được cán trong phòng thí nghiệm được thể hiện trên Bảng 5.

Bảng 5 Các đặc tính cơ học của các vật liệu được cán trong phòng thí nghiệm được chọn trước và sau khi được hàn vảy.

	Trước khi được hàn vảy			Sau khi được hàn vảy		
	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{50mm} (%)	$R_{p0,2}$ (MPa)	R_m (MPa)	A_{50mm} (%)
1a	230	256	7,8	63	172	12,6
1b	226	254	8,0	63	172	14,0
1c	222	249	8,7	65	174	13,6
2a	230	254	8,2	65	177	13,2
2b	230	255	7,0	66	176	13,7
2c	234	257	7,1	65	175	15
3a	220	246	9,3	61	165	13,2
3b	222	248	8,4	62	170	15,4
3c	220	248	7,6	62	170	17,6
4	250	278	5,0	64	172	14,8
5	247	270	3,8	65	174	13,4
6	194	224	9,0	56	154	13,6
7	216	232	6,3	59	166	14,2
8	218	240	10,7	63	174	14,8
9	154	163	14,5	49	134	11,9
10	190	210	4,2	60	160	13,2
11	195	218	10,2	63	176	14,4
12	241	280	6,9	72	191	15,6
13	188	214	8,4	60	174	13,2

* Chỗ đứt xuất hiện bên ngoài hoặc gần đầu theo chiều dài của giãn kế.

Ví dụ 3

Tấm hàn vảy với tổ hợp vật liệu theo tổ hợp hợp kim 7 trên Bảng 2 được điều chế theo các chi tiết thực nghiệm đã mô tả trên đây. Sau khi hàn vảy, vật liệu được gấn theo chiều dọc, được nghiền, được đánh bóng rất mịn và được đánh bóng bằng điện để tạo ra các bề mặt tốt cho phép đo EBSD. Cấu trúc tái kết tinh của lớp trung gian được đo bằng EBSD. Nói chung, 150 mm chiều dài của lớp trung gian được kiểm tra để bảo đảm số liệu thống kê tốt để phân tích cấu trúc.

Lớp trung gian chống chịu tốt được sự thâm chất độn nóng chảy với mức độ hoà tan thấp, và các hạt ở lớp trung gian có kích thước lớn. Thu được cấu trúc $\{110\}<111>$ chiếm đa số lớp trung gian và tỉ lệ thể tích là 61%. Kích thước hạt trung bình của vật liệu có cấu trúc này là 302 μm . Fig.4 thể hiện lớp trung gian với các hạt có cấu trúc $\{110\}<111>$ được tô màu đen, và các hạt có các thành phần cấu trúc khác thì được tô màu xám nhạt. Fig.5 thể hiện ODF (hàm phân bố hướng) của vật liệu này.

Ví dụ so sánh 1

Tổ hợp vật liệu dạng tấm này là hợp kim hàn vảy theo hợp kim A, lớp trung gian theo hợp kim G và lõi theo hợp kim I. Trước hết, lớp trung gian được làm cho đồng nhất tại 600°C trong 10 giờ trước khi ráp các lớp với nhau, nung sơ bộ và cán cùng nhau để thu được tấm có lớp phủ. Sau khi hàn vảy, vật liệu được xử lý và được phân tích theo cách giống như ở Ví dụ 3.

Lớp trung gian chống chịu được chất độn nóng chảy ở mức độ kém, với mức độ hoà tan đáng kể, và các hạt ở lớp trung gian có kích thước nhỏ hơn 100 μm . Đã nhận thấy rằng cấu trúc này rất yếu, và tỉ lệ thể tích đạt được là khoảng 5% hoặc nhỏ hơn đối với thành phần cấu trúc $\{110\}<111>$. Fig.6 thể hiện ODF đối với vật liệu lớp trung gian theo ví dụ so sánh này.

Ví dụ so sánh 2

Tổ hợp vật liệu hàn vảy theo hợp kim A và lớp trung gian theo hợp kim E trên một mặt của lõi theo hợp kim I và mặt còn lại của lõi được phủ lớp hàn vảy theo hợp kim A. Các vật liệu riêng rẽ được nung và được cán theo cách như ở Ví dụ so sánh 1, nhưng có thêm công đoạn tôi mềm cuối cùng tại 380°C để tái kết tinh lớp trung gian cũng như lõi và lớp hàn vảy. Sau đó, vật liệu được làm biến dạng nhẹ từ 2-10% để mô phỏng quá trình tạo hình công nghiệp. Cuối cùng, vật liệu được sử dụng trong quy trình hàn vảy như đã nêu trên. Sau khi hàn vảy thì vật liệu có sự tương tác đáng kể giữa lớp trung gian và kim loại hàn vảy nóng chảy, biểu hiện ở sự di chuyển màng lỏng hoặc sự hoà tan của vật liệu lớp trung gian, xem Fig.7, từ đó gần như làm mất chức năng của lớp trung gian.

Dải vật liệu chống ăn mòn theo sáng chế được dự định dùng để sản xuất các sản phẩm hàn vảy, nhất là các bộ phận được hàn vảy dùng cho các bộ trao đổi nhiệt. Chuyên gia trong lĩnh vực này cần hiểu rằng các bộ phận này có thể có dạng bất kỳ, bao gồm, nhưng không bị giới hạn ở, các ống, bình, tấm, v.v., mà không vượt quá phạm vi của sáng chế.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Dải chống ăn mòn, bao gồm lõi là hợp kim chứa nhôm, và lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si tùy ý; lớp trung gian này có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si	$\leq 0,9\%$,
Fe	$\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$
Cu	$\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$
Mn	từ $0,5\%$ đến $1,8\%$, tốt hơn nếu từ $0,7\%$ đến $1,7\%$, tốt hơn nữa nếu từ $0,9$ đến $1,6\%$
Mg	$\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$
Zn	$\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$
Ni	$\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$ và tổng của chúng $\leq 0,5\%$, các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

trong đó, thành phần của lõi và thành phần của lớp trung gian được chọn sao cho lõi bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy,

và trong đó, lớp trung gian có tỉ lệ thể tích của thành phần kết cấu là ít nhất 30% , tốt hơn nữa nếu ít nhất là 50% , tốt hơn nữa nếu ít nhất là 70% , tốt nhất là ít nhất 85% .

2. Dải chống ăn mòn theo điểm 1, trong đó dải này bao gồm lõi là hợp kim chứa nhôm, và lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si tùy ý; lớp trung gian này có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si	$\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu từ $0,1-0,55\%$, tốt hơn nữa nếu từ $0,15-0,40\%$
Fe	$\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$
Cu	$\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$
Mn	từ $0,5\%$ đến $1,8\%$, tốt hơn nếu từ $0,7\%$ đến $1,7\%$, tốt hơn nữa nếu từ $0,9\%$ đến $1,6\%$
Mg	$\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$
Zn	$\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$
Ni	$\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$ và tổng của chúng $\leq 0,5\%$, các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

trong đó, thành phần của lõi và thành phần của lớp trung gian được chọn sao cho lõi bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy,

và trong đó, lớp trung gian có tỉ lệ thể tích của thành phần kết cấu là ít nhất 30%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 50%, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 70%, tốt nhất là ít nhất 85%.

3. Dải chống ăn mòn theo điểm 1 hoặc 2, trong đó, thành phần kết cấu có một trong số cấu trúc P $\{110\} \langle 111 \rangle$, lập phương $\{001\} \langle 100 \rangle$, lập phương xoay $\{001\} \langle 110 \rangle$ hoặc $\{001\} \langle 310 \rangle$ và thành phần cấu trúc Goss $\{011\} \langle 100 \rangle$, tốt hơn nếu là thành phần cấu trúc P $\{110\} \langle 111 \rangle$.

4. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó, hàm lượng của các nguyên tố thuộc nhóm IVb, Vb, và/hoặc VIb trong bảng tuần hoàn của lớp trung gian là 0,05-0,2% Zr, Ti và/hoặc Cr, tốt hơn nếu là 0,1-0,2% Zr, Ti và/hoặc Cr.

5. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, lõi có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu từ 0,1% đến 1,0%, tốt hơn nữa nếu từ 0,3% đến 0,9%, tốt nhất là từ 0,3% đến 0,7%

Mn từ 0,5% đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7% đến 1,7%, tốt hơn nữa nếu từ 0,9% đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Zn $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $< 0,05\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng của chúng $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng số $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al.

6. Dải chống ăn mòn theo điểm 5, trong đó, hàm lượng Si của lõi là $\leq 0,15\%$.

7. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, bao gồm lớp phủ chứa Al-Si là vật liệu hàn vảy nhôm chứa 4-13% Si.

8. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, bao gồm lớp phủ chứa Al-Si là hợp kim nhôm chứa 1-4% Si.

9. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, độ dày của mỗi lớp trung gian được gắn là nằm trong khoảng từ 2-20% tổng độ dày của dải vật liệu này.

10. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, lõi được làm cho không đồng nhất hoặc được làm cho đồng nhất tại nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng 520°C, tốt hơn nếu nhỏ hơn 490°C, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn 460°C.

11. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó, lõi được làm cho đồng nhất tại nhiệt độ cao hơn 520°C, tốt hơn nữa nếu cao hơn 550°C, tốt nhất là cao hơn 580°C, thậm chí tốt hơn nữa nếu cao hơn 600°C.

12. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, lớp trung gian, ở điều kiện phân phối, bao gồm các hạt giàu Mn với lượng hạt có đường kính nằm trong khoảng 30-400 nm được phân tán với mật độ nằm trong khoảng ít nhất từ $1 \cdot 10^6$ đến $20 \cdot 10^6$, tốt hơn nếu từ $1,3 \cdot 10^6$ đến $10 \cdot 10^6$, tốt nhất là từ $1,4 \cdot 10^6$ đến $7 \cdot 10^6$, hạt/mm².

13. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó dải này được lý nhiệt để làm mềm vật liệu bằng cách ram mà không làm tái kết tinh lớp trung gian, được thực hiện tại nhiệt độ từ 200-500°C, tốt hơn nếu từ 240-450°C, trong ít nhất 10 phút.

14. Dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó, kích thước hạt trung bình của lớp trung gian sau khi hàn vảy nhỏ nhất là 100 μm , tốt hơn nếu nhỏ nhất là 150 μm , tốt hơn nữa nếu nhỏ nhất là 250 μm , tốt hơn nữa nếu nhỏ nhất là 300 μm , tốt nhất nếu nhỏ nhất là 400 μm .

15. Phương pháp sản xuất dải chống ăn mòn bao gồm lõi và lớp trung gian, lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si, phương pháp này bao gồm bước tạo ra thỏi lõi bằng hợp kim chứa nhôm, gắn lớp trung gian vào thỏi lõi này, lớp trung gian này có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 0,9\%$

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Mn từ 0,5% đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7% đến 1,7%, tốt hơn nếu từ 0,9% đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Zn $\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng của chúng $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

và trong đó, lõi bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy,

một cách tùy chọn, xử lý nhiệt nung sơ bộ thỏi lõi đã được gắn lớp trung gian, cán nóng để thu được dải có lõi và lớp trung gian,

cán nguội dải thu được sao cho chiều cao lớp trung gian được giảm ít nhất 90%, tốt hơn nếu ít nhất 95%, tốt hơn nữa nếu ít nhất 97,5%, sau bước xử lý nhiệt cuối cùng làm tái kết tinh lớp trung gian,

xử lý nhiệt dải cán nguội này đến độ cứng khi phân phối, nhằm mục đích hoá mềm vật liệu bằng cách ram mà không làm tái kết tinh lớp trung gian.

16. Phương pháp sản xuất dải chống ăn mòn theo điểm 15, trong đó, dải này bao gồm lõi và lớp trung gian, lớp trung gian được bố trí nằm giữa lõi và lớp phủ chứa Al-Si, phương pháp này bao gồm bước tạo ra thỏi lõi bằng hợp kim chứa nhôm, gắn lớp trung gian vào thỏi lõi này, lớp trung gian này có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu từ 0,1-0,55%, tốt hơn nữa nếu từ 0,15-0,40%

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,2\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Mn từ 0,5% đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7% đến 1,7%, tốt hơn nếu từ 0,9% đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,15\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Zn $\leq 4,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$, tốt nhất là $\leq 0,1\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng của chúng $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al;

và trong đó, lõi bền hơn lớp trung gian sau khi hàn vảy,

một cách tùy chọn, xử lý nhiệt nung sơ bộ thỏi lõi đã được gắn lớp trung gian, cán nóng để thu được dải có lõi và lớp trung gian,

cán nguội dải thu được sao cho lớp trung gian được giảm ít nhất 90% chiều cao, tốt hơn nếu ít nhất 95%, tốt hơn nữa nếu ít nhất 97,5%, sau bước xử lý nhiệt cuối cùng vốn làm tái kết tinh lớp trung gian, xử lý nhiệt dải cán nguội này đến độ cứng khi phân phối, nhằm mục đích hoá mềm vật liệu bằng cách ram mà không làm tái kết tinh lớp trung gian.

17. Phương pháp sản xuất dải chống ăn mòn theo điểm 15 hoặc 16, trong đó, bước cán nguội dải thu được làm cho chiều cao lớp trung gian được giảm ít nhất 99%.

18. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 17, trong đó, sau bước xử lý nhiệt đến độ cứng khi phân phối, dải vật liệu được tạo hình với mức độ gia công nguội nằm trong khoảng từ 0,05-20%, tốt hơn nếu từ 0,05-15%, tốt hơn nữa nếu từ 0,05-10%, tốt nhất là từ 0,05-5%, trong đó, lõi không tái kết tinh trong lúc hàn vảy, nhưng lớp trung gian thì tái kết tinh.

19. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 18, trong đó, hàm lượng của các nguyên tố thuộc nhóm IVb, Vb, và/hoặc VIb trong bảng tuần hoàn của lớp trung gian là 0,05-0,2% Zr, Ti và/hoặc Cr, tốt hơn nếu là 0,1-0,2% Zr, Ti và/hoặc Cr.

20. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 19, trong đó, hợp kim lõi có thành phần cơ bản bao gồm các nguyên tố với tỉ lệ phần trăm khối lượng như sau:

Si $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Fe $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Cu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nếu từ 0,1 đến 1,0%, tốt hơn nữa nếu từ 0,3 đến 0,9%, tốt nhất là từ 0,3 đến 0,7%

Mn từ 0,5% đến 1,8%, tốt hơn nếu từ 0,7% đến 1,7%, tốt hơn nữa nếu từ 0,9% đến 1,6%

Mg $\leq 0,7\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,5\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,3\%$

Zn $\leq 0,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 0,3\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,1\%$, tốt nhất là $\leq 0,05\%$

Ni $\leq 1,5\%$, tốt hơn nếu $\leq 1,0\%$, tốt hơn nữa nếu $\leq 0,5\%$

các nguyên tố được chọn từ nhóm IVb, Vb, và/hoặc nhóm VIb của bảng tuần hoàn, mỗi trong số đó $\leq 0,3\%$, và tổng số $\leq 0,5\%$

các nguyên tố tạp chất không thể tránh khỏi, mỗi nguyên tố trong số đó $\leq 0,05\%$ khối lượng, và tổng của chúng $\leq 0,15\%$,

còn lại là Al.

21. Phương pháp theo điểm 20, trong đó, hàm lượng Si của lõi là $\leq 0,15\%$.

22. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 21, trong đó, lớp trung gian được tạo ra dưới dạng thổi lớp trung gian và được gắn vào thổi lõi, hoặc theo cách khác là được đúc trực tiếp lên thổi lõi.

23. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 22, trong đó, thổi lõi, hoặc thổi lõi đã được gắn lớp trung gian, được làm đồng nhất tại nhiệt độ nhỏ hơn hoặc bằng 520°C trước khi cán nóng.

24. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 22, trong đó, thổi lõi được làm đồng nhất tại nhiệt độ cao hơn 520°C trước khi cán nóng.

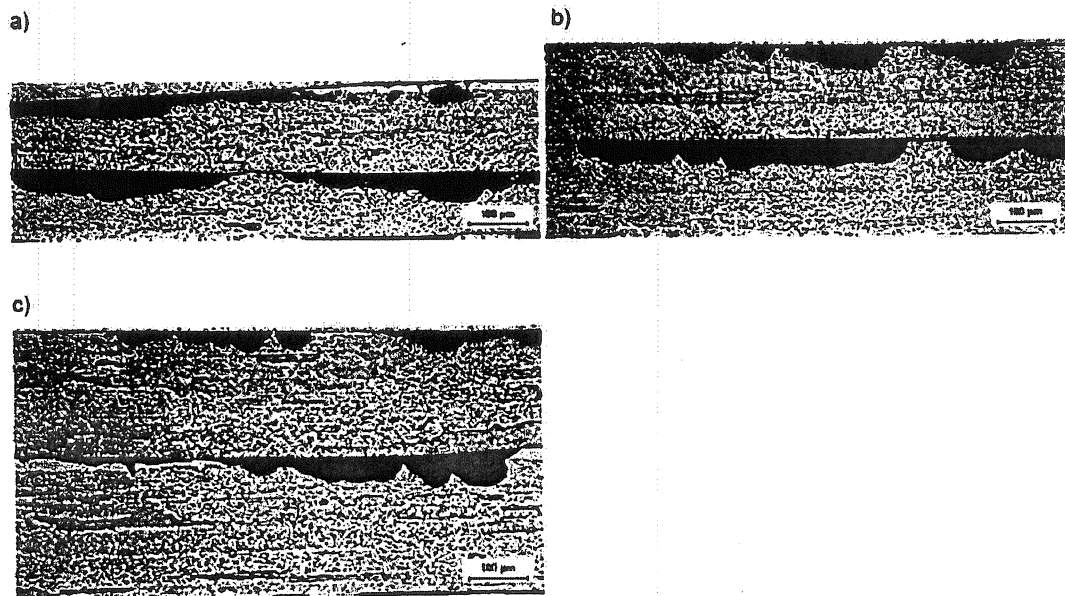
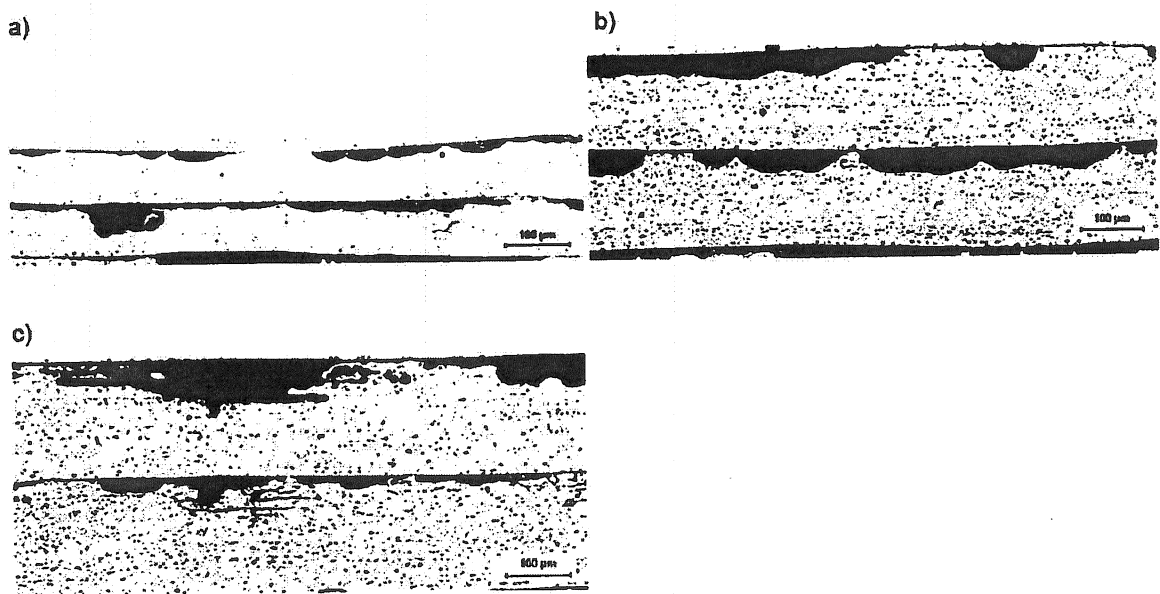
25. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 23, trong đó, ít nhất lớp trung gian được nung sơ bộ đến nhiệt độ lên đến 550°C, tốt hơn nếu từ 400-520°C, tốt hơn nữa nếu từ 450-520°C, tốt nhất là từ 470-520°C, trước khi cán nóng, để tạo thành các hạt phân tán trong lớp trung gian.

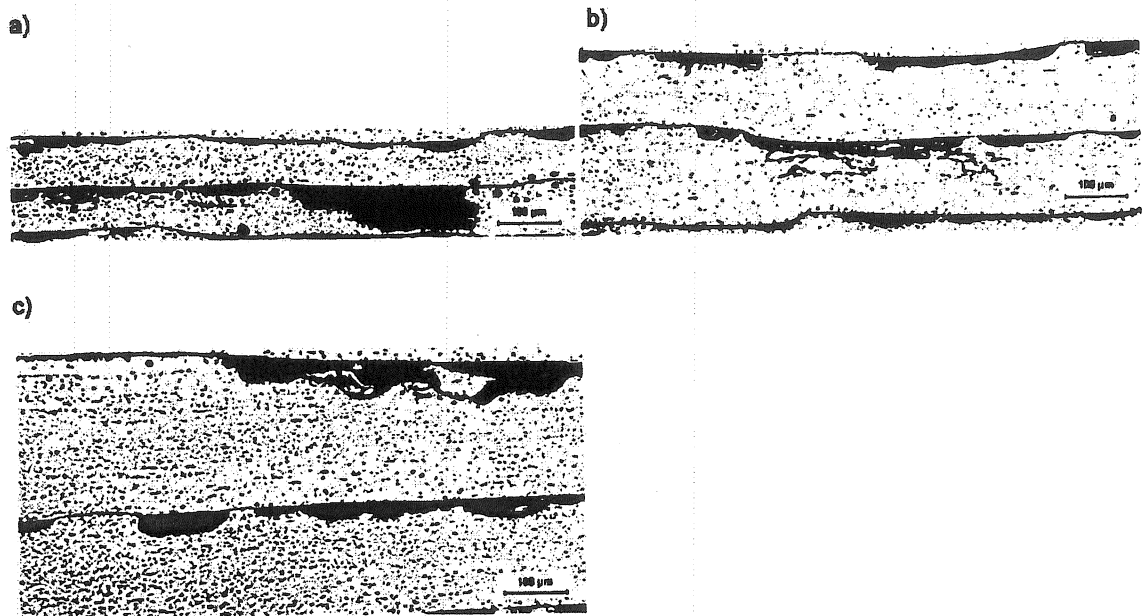
26. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 23, trong đó, ít nhất lớp trung gian được nung sơ bộ đến nhiệt độ từ 380-520°C trước khi cán nóng, để tạo thành các hạt phân tán trong lớp trung gian.

27. Phương pháp theo điểm 25 hoặc 26, trong đó, nhiệt độ và khoảng thời gian thực hiện bước nung sơ bộ được điều chỉnh sao cho thu được các hạt có đường kính nằm trong khoảng từ 30-400 nm với mật độ phân tán nằm trong khoảng từ $1 \cdot 10^6$ - $20 \cdot 10^6$, tốt hơn nếu từ $1,3 \cdot 10^6$ - $10 \cdot 10^6$, tốt nhất nếu từ $1,4 \cdot 10^6$ - $7 \cdot 10^6$, hạt/mm².

28. Phương pháp theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 15 đến 27, trong đó, kích thước hạt trung bình của lớp trung gian sau khi hàn vảy được điều chỉnh đến ít nhất là 100 μ m, tốt hơn nếu ít nhất là 150 μ m, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 250 μ m, tốt hơn nữa nếu ít nhất là 300 μ m, tốt nhất nếu ít nhất là 400 μ m.

29. Bộ trao đổi nhiệt hàn vảy bao gồm dải chống ăn mòn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 14.

*Fig. 1**Fig. 2*

*Fig. 3**Fig. 4*

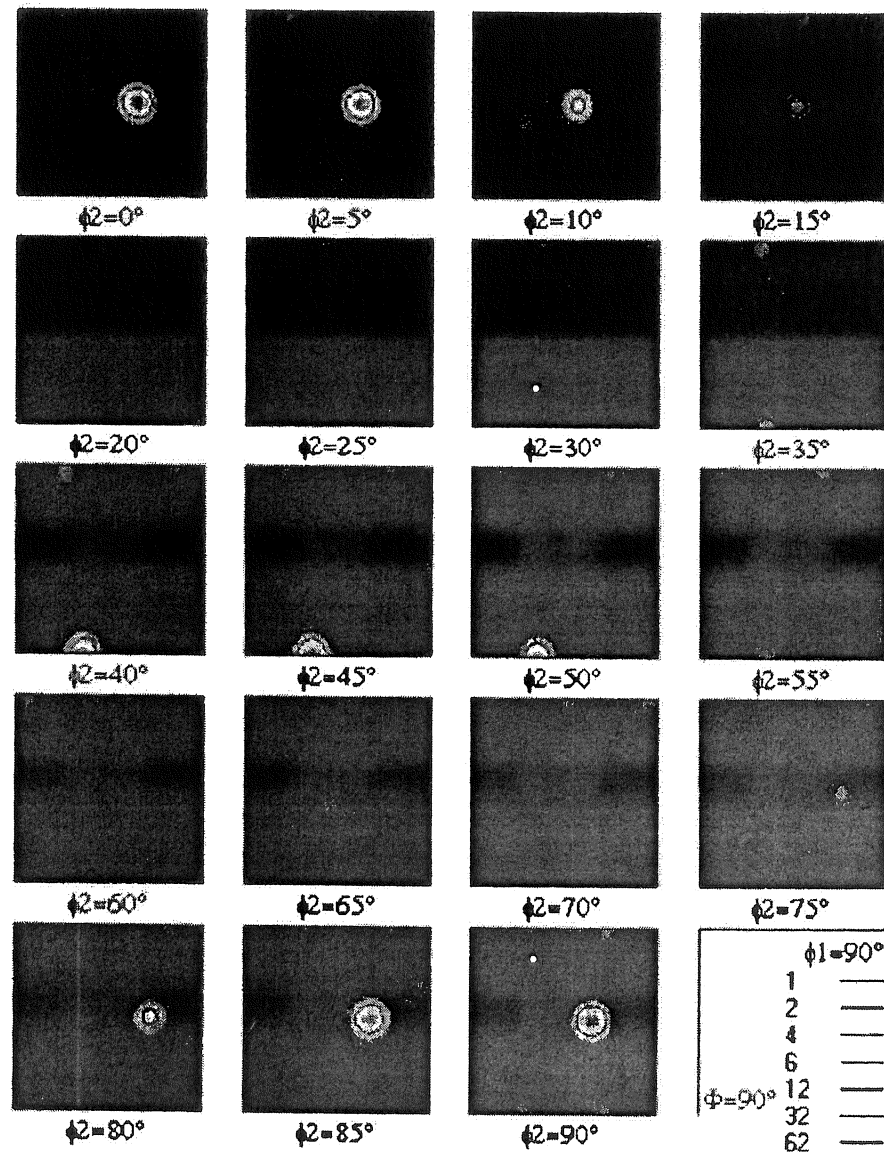


Fig. 5

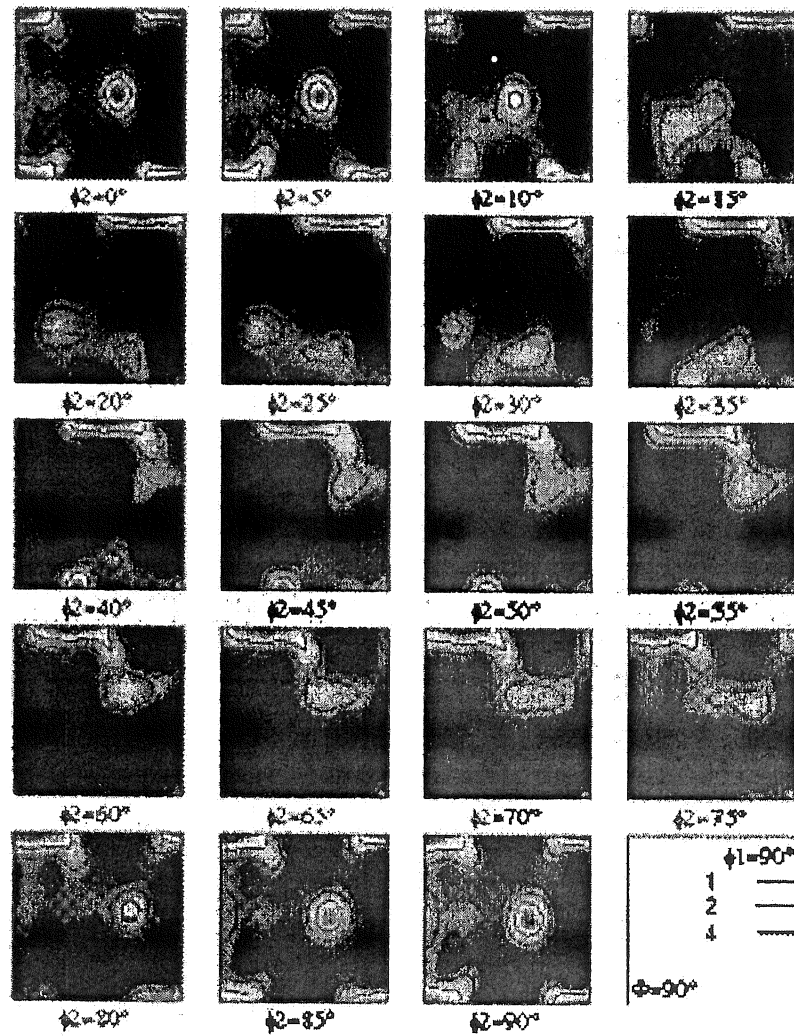


Fig. 6

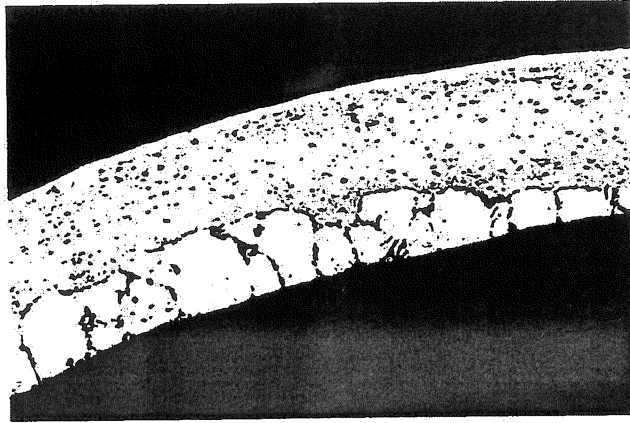


Fig. 7