



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

(19) Cộng hòa xã hội chủ nghĩa Việt Nam (VN) (11)
CỤC SỞ HỮU TRÍ TUỆ



1-0033249

(51)⁷ B23K 1/012; B23K 35/28; F28F 21/08; (13) B
C22C 21/02; C22C 21/08; B23K 35/00;
B32B 15/01

(21) 1-2014-04385

(22) 28/05/2013

(86) PCT/SE2013/050606 28/05/2013

(87) WO2013/180630 05/12/2013

(30) 1250566-5 31/05/2012 SE

(45) 25/09/2022 414

(43) 25/05/2015 326A

(73) GRÄNGES SWEDEN AB (SE)

S-612 81 Finspång, Sweden

(72) AHL Linda (SE); WESTERGÅRD Richard (SE); ABRAHAMSON David (SE).

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

(54) TẤM VẺY HÀN HỢP KIM NHÔM NHIỀU LỚP ĐỂ HÀN VẺY KHÔNG CẦN
CHẤT TRỢ DUNG

(57) Sáng chế đề cập đến tấm vẩy hàn hợp kim nhôm chứa phần lõi làm từ hợp kim nhôm được phủ bằng lớp xen và hợp kim hàn vẩy hệ Al-Si. Lớp xen làm từ hợp kim nhôm chứa Si với lượng $\leq 1,0\%$ và Mg với lượng nằm trong khoảng 2-2,5%. Hợp kim hàn vẩy hệ Al-Si chứa Si với lượng nằm trong khoảng 5-14% và Bi với lượng nằm trong khoảng 0,01-1,0%. Phần lõi và lớp xen có nhiệt độ nóng chảy cao hơn so với nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn vẩy.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến tấm vảy hàn hợp kim nhôm nhiều lớp bao gồm phần lõi được phủ bằng lớp xen, và lớp hàn vảy bao phủ bên ngoài. Sáng chế cũng đề cập đến thiết bị trao đổi nhiệt có tấm vảy hàn hợp kim nhôm nhiều lớp này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Sáng chế đề cập đến vật liệu dạng tấm dùng để hàn vảy các vật liệu nhôm trong môi trường không khí tro hoặc khí khử, thường ở áp suất môi trường, mà không cần dùng chất trợ dung để phá vỡ, hoà tan hoặc loại bỏ lớp oxit bề mặt.

Thách thức hiện nay là cần thiết kế và sản xuất vật liệu và các bộ phận cho công nghiệp sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt với chi phí toàn bộ thấp và chất lượng cao nhất có thể. Công nghệ được sử dụng phổ biến nhất trong sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt là hàn vảy trong môi trường không khí có kiểm soát thường chứa nitơ và có thể lẫn lượng nhỏ các chất oxy hóa (chủ yếu là khí oxy và hơi nước). Quy trình này được gọi là hàn vảy trong môi trường không khí có kiểm soát (“CAB”) và bao gồm việc đưa chất trợ dung trên cơ sở Al-K-F, ví dụ chất trợ dung Nocolok, lên bề mặt cần hàn vảy trước khi hàn vảy. Chất trợ dung này phá vỡ, loại bỏ hoặc hòa tan lớp oxit bề mặt của kim loại điền đầy để tạo điều kiện thuận lợi cho việc thấm ướt giữa kim loại điền đầy nóng chảy và các bề mặt của từng bộ phận của thiết bị trao đổi nhiệt. Chất trợ dung cũng ngăn ngừa hoặc làm giảm sự tạo thành các oxit mới trong quá trình tạo thành mối hàn. Tuy nhiên, phần chất trợ dung còn lại sau khi hàn vảy thường được xem là có hại cho thiết bị trao đổi nhiệt vì chúng có thể tách ra khỏi các bề mặt nhôm đã được hàn vảy và làm tắc các kênh dẫn bên trong, làm giảm hiệu quả sử dụng thiết bị trao đổi nhiệt. Việc sử dụng chất trợ dung trong một số trường hợp còn thúc đẩy quá trình ăn mòn và mài mòn khiến cho thiết bị làm việc kém hiệu quả và đôi khi bị hỏng sớm. Cũng có những lo ngại về việc phản ứng hóa học diễn ra giữa chất trợ dung còn lại và chất ức chế ăn mòn được sử dụng trong môi trường, ví dụ mạch tản nhiệt, có thể gây hại cho hệ thống. Ngoài những nhược điểm nêu trên của việc sử dụng chất trợ dung, thì tác động của chất trợ dung và quá trình sử dụng nó, ví dụ môi trường làm việc, chi phí, các khoản đầu tư vào thiết bị hàn vảy và việc duy trì nó, năng lượng và môi trường tự nhiên cũng là vấn đề nghiêm trọng.

Ngoài các hạn chế nêu trên, hiệu quả loại bỏ oxit của chất trợ dung CAB bị giảm khi sử dụng Mg làm thành phần hợp kim hóa trong vật liệu được hàn vảy. Sở dĩ như vậy là vì phản ứng giữa Mg và chất trợ dung tạo ra các hợp chất có nhiệt độ nóng chảy rất cao và do đó ngăn cản quá trình thấm ướt, tạo ra đường gờ và phát triển mối hàn. Tính không tương hợp này là một vấn đề gây rắc rối vì Mg rất có hiệu quả trong việc mang lại độ bền cho vật liệu nhôm. Do đó, CAB bị hạn chế ở hợp kim có thể xử lý được mà không cần nhiệt (NHT) và hợp kim chứa lượng Mg thấp. Biết rằng Mg bắt đầu ảnh hưởng đến kết quả hàn vảy ở các mức vi lượng và ở mức 0,2% thì phần lớn người dùng CAB đều gặp khó khăn trong việc tạo thành mối hàn. Vấn đề này có thể được hạn chế phần nào bằng cách tăng mức bổ sung chất trợ dung hoặc sử dụng loại chất trợ dung chứa Cs đặc biệt và đắt tiền. Tuy nhiên, vấn đề này không giải quyết được ở các mức Mg cao hơn.

Do vậy, để có thể sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt bằng cách sử dụng CAB mà không cần dùng chất trợ dung, cần phát triển loại vật liệu hàn vảy mới.

Tất cả các ký hiệu về quá trình ram và các hợp kim dưới đây là các ký hiệu được đề cập trong tài liệu “Aluminium Association designation Standards and Data and the Registration Records” như được Hiệp hội Nhôm (Aluminium Association) công bố vào năm 2007. Tất cả tỷ lệ phần trăm đối với hàm lượng hoá học trong hợp kim được biểu thị bằng phần trăm khối lượng.

Patent châu Âu số EP1306207B1 bộc lộ hợp kim hàn vảy nhôm thích hợp để hàn vảy trong khí trơ mà không cần sử dụng chất trợ dung. Patent đó dựa trên cơ sở tấm vảy hàn nhiều lớp, trong đó lớp phủ ngoài mỏng bên ngoài là hợp kim trên cơ sở Al-Si chứa từ 0,1 đến 0,5% Mg và từ 0,01 đến 0,5% Bi, và phần lõi. Trong khi giai đoạn tăng nhiệt độ của chu trình hàn vảy, trước tiên lớp Al-Si trung gian sẽ bắt đầu nóng chảy và phình ra làm phá vỡ lớp phủ mỏng bên ngoài, cho phép kim loại điền đầy nóng chảy thấm qua các vết nứt và chảy vào bề mặt của tấm vảy hàn.

WO2008/155067A1 bộc lộ phương pháp hàn vảy mà không cần sử dụng chất trợ dung. Giải pháp theo tài liệu đó dựa trên cơ sở tấm nhôm nhiều lớp bao gồm lớp phủ ngoài mỏng, lớp trung gian chứa vật liệu hàn vảy Al-Si nằm giữa lớp phủ ngoài và lõi. Hợp kim phủ và hợp kim lõi có nhiệt độ hóa rắn cao hơn so với nhiệt độ hóa lỏng của vật liệu hàn vảy. Hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa 0,01-0,09% Mg và 0,01-0,5% Bi. Tốt hơn, nếu hàm lượng Mg của lõi là $< 0,015\%$. Trong tài liệu đó, việc hàn vảy không dùng chất trợ dung có thể được thực hiện bằng cách giữ cho tổng hàm lượng Mg trong tấm vảy hàn nhỏ hơn 0,06%.

Cấu hình của tấm vảy hàn được bộc lộ trong các giải pháp kỹ thuật đã biết nêu trên là tương tự nhau. Cả hai đều dựa trên cơ sở phân lõi, kim loại hàn vảy trung gian chứa Mg và Bi, được phủ bằng bởi lớp phủ ngoài mỏng. Có nguy cơ tiềm ẩn với cấu trúc tấm vảy hàn như vậy. Có thể có độ trễ về thời gian giữa quy trình nóng chảy và thẩm ướt của kim loại điền đầy. Tác động của trọng lực lên phần nóng chảy có thể làm cho dòng kim loại điền đầy chảy dưới lớp oxit bề mặt, dẫn đến kích thước mối hàn không đồng nhất và mức độ tích tụ cục bộ lớn của kim loại điền đầy nóng chảy.

Các phương pháp hàn vảy không dùng chất trợ dung trong các giải pháp kỹ thuật đã biết có hạn chế ở chỗ chúng cần đến lớp phủ bên ngoài có nhiệt độ nóng chảy cao hơn vật liệu hàn vảy bên dưới, hoặc sự kết hợp của hai lớp hợp kim hàn vảy khác nhau mà cả hai đều sẽ nóng chảy trong quá trình hàn vảy. Điều này không cho phép đồng thời có được kiểu gradien điện thế ăn mòn có lợi, tấm hàn có độ bền cao và tạo mối hàn không cần chất trợ dung. Cũng mong muốn cải thiện quy trình hàn vảy.

Ngành công nghiệp ô tô đặt ra yêu cầu ngày càng cao đối với lượng chất trợ dung còn dư được phép trong hệ thống thiết bị trao đổi nhiệt. Khó khăn và tốn kém để có thể đưa liên tiếp lượng chất trợ dung nhỏ lên các vùng hạn định trên bề mặt bên trong của thiết bị trao đổi nhiệt để liên tiếp tạo ra các mối hàn bên trong có chất lượng cao và sáng chế này mang lại ưu điểm rõ ràng trong sản xuất thiết bị trao đổi nhiệt.

Do vậy, rất cần tạo ra tấm vảy hàn khắc phục được những vấn đề nêu trên.

Ví dụ khác về tấm vảy hàn hợp kim nhôm đã biết là tấm vảy hàn được mô tả trong US 6,627,330 B1 và WO2010/052231, cả hai tài liệu này đều bộc lộ các lớp ngoài cùng với hàm lượng Mg cao hoặc được thêm vào một cách có chủ ý.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Mục đích của sáng chế là đề xuất tấm vảy hàn hợp kim nhôm có thể hàn vảy được trong môi trường khí trơ hoặc khí khử, mà không cần dùng chất trợ dung, tạo ra các mối hàn chất lượng cao, và cho phép có được kiểu điện thế ăn mòn có lợi.

Mục đích này đạt được bằng tấm vảy hàn hợp kim nhôm như được xác định trong điểm 1 yêu cầu bảo hộ. Các phương án cụ thể của sáng chế được xác định trong các điểm yêu cầu bảo hộ phụ thuộc.

Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo sáng chế là đặc biệt thích hợp để hàn vảy vào một hoặc nhiều bộ phận khác với tấm vảy hàn này, cụ thể để hàn vảy các cánh hoặc tấm đỡ vào bề mặt ngoài của ống được làm từ tấm vảy hàn hợp kim nhôm.

Tấm vảy hàn hợp kim nhôm bao gồm phần lõi làm từ hợp kim nhôm được phủ bằng lớp xen làm từ hợp kim nhôm, lớp xen này được phủ bằng lớp hợp kim hàn vảy hệ Al-Si. Hợp kim nhôm của lớp xen chứa $\leq 1,0\%$ Si và 2-2,5% Mg, tốt hơn là chứa $\geq 0,2\%$ Mg, tốt hơn nữa là chứa $\geq 0,3\%$ Mg, thậm chí còn tốt hơn nữa là chứa $\geq 0,5\%$ Mg. Hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa 5-14% Si và 0,05-0,02 Bi, tốt hơn là chứa 0,05-0,5% Bi, tốt nhất là chứa 0,07-0,2% Bi, $\leq 0,8\%$ Fe, $\leq 6\%$ Zn, $\leq 0,1\%$ Sn, $\leq 0,1\%$ In, $\leq 0,3\%$ Cu, $\leq 0,15\%$ Mn, $\leq 0,05\%$ Sr, và các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05% khối lượng và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2% khối lượng, phần còn lại bao gồm nhôm. Phần lõi và lớp xen có nhiệt độ nóng chảy cao hơn so với nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn vảy.

Do vậy, sáng chế dựa trên cơ sở cấu hình tấm vảy hàn hoàn toàn khác so với cấu hình được mô tả trong, ví dụ, EP1306207B1 và WO2008/155067A1 để đạt được khả năng hàn vảy tốt mà không cần dùng chất trợ dung trong môi trường không khí có kiểm soát và tác dụng cộng thêm là bảo vệ chống ăn mòn, và giải quyết được các hạn chế có thể của các giải pháp kỹ thuật đã biết.

Theo một phương án, hợp kim nhôm tạo lớp xen chứa ít nhất 0,9% Mg.

Theo phương án khác, hợp kim nhôm tạo lớp xen chứa không quá 2,2% Mg.

Theo một phương án, lớp xen kề sát với phần lõi, tức là không có lớp trung gian bất kỳ giữa lớp xen và phần lõi. Theo khác phương án, lớp hàn vảy kề sát với lớp xen, tức là không có lớp trung gian bất kỳ giữa lớp hàn vảy và lớp xen. Theo phương án khác, lớp xen được bố trí xen giữa lớp lõi và hợp kim hàn vảy mà không có các lớp bổ sung bất kỳ giữa lớp lõi và hợp kim hàn vảy.

Tấm vảy hàn hợp kim nhôm được sử dụng để tạo ra các sản phẩm hàn vảy, như thiết bị trao đổi nhiệt.

Do không có mặt chất trợ dung trên các bề mặt bên ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt được tạo ra từ tấm vảy hàn theo sáng chế, nên tránh được các khó khăn bất kỳ liên quan

đến việc loại bỏ chất trợ dung còn lại có thể đi vào, ví dụ, khoang hành khách của phương tiện vận chuyển. Điều này cũng cải thiện được vẻ bề ngoài của thiết bị trao đổi nhiệt. Do không có mặt chất trợ dung trên các bề mặt bên trong của thiết bị trao đổi nhiệt, nên tránh được các khó khăn bất kỳ liên quan đến sự tắc nghẽn, ăn mòn, và các phản ứng hoá học giữa chất trợ dung và chất tải lạnh và các nhược điểm dễ thấy khác đối với chất trợ dung còn lại là.

Cũng có lợi rõ ràng về chi phí trong việc hàn vảy các thiết bị trao đổi nhiệt mà không cần sử dụng chất trợ dung vì không những loại bỏ được khoản chi phí cho chính chất trợ dung, mà còn rút ngắn được thời gian thực hiện quá trình hàn vảy, cho phép giảm chi phí lao động, giải phóng diện tích sàn sử dụng trong nhà máy, giảm nhu cầu về việc bảo dưỡng thiết bị hàn vảy và giảm nhu cầu về quản lý. Ngoài ra, lợi ích quan trọng là có được môi trường làm việc tốt hơn cho người lao động, giảm mức độ thải bỏ chất thải rắn và nước thải từ hệ thống sử dụng chất trợ dung và giảm lượng khí thải có hại từ quá trình hàn vảy.

Mô tả chi tiết sáng chế

Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo sáng chế bao gồm lõi trên cơ sở nhôm có một hoặc hai phía được phủ bằng lớp xen làm bằng kim nhôm giàu Mg, lớp xen này được phủ bằng hợp kim hàn vảy hệ Al-Si, trong đó tấm vảy hàn này chứa Bi bổ sung. Nhiệt độ hóa lỏng của hợp kim hàn vảy hệ Al-Si là thấp hơn nhiệt độ hóa rắn của lõi và lớp xen, trong đó lớp xen này có nhiệt độ hóa lỏng cao hơn so với nhiệt độ hàn vảy được phép cao nhất. Mg từ lớp xen cần phải khuếch tán ra bề mặt ngoài của tấm vảy hàn trong khi đốt nóng đến nhiệt độ hàn vảy. Nếu Mg với lượng chính xác đến đó và ở thời điểm chính xác, thì oxit sẽ bị phá vỡ để làm cho kim loại điền đầy nóng chảy thấm ướt bề mặt đối bất kỳ và tạo ra mối hàn, trong khi có lớp xen nguyên vẹn trợ giúp trong việc tạo ra gradien điện thế ăn mòn qua độ dày của tấm sau khi hàn vảy. Theo sáng chế, hàm lượng Mg trong kim loại điền đầy, tức là vật liệu hàn vảy, tốt hơn là $< 0,01\%$. Sáng chế cho thấy khả năng hàn vảy tối ưu đạt được với Mg ở lớp xen giữa lõi và kim loại điền đầy.

Dưới đây, sáng chế mô tả tấm vảy hàn hợp kim nhôm gồm ba lớp, trong đó việc hàn vảy xảy ra trên một phía của tấm. Tuy nhiên, sáng chế có thể được sử dụng để tạo ra các mối hàn vảy trên cả hai phía của lõi, trong trường hợp đó, tấm vảy hàn sẽ được tạo ra từ năm lớp. Nó cũng có thể được phủ bằng gờ để bị ăn mòn trên một phía và tấm gồm bốn lớp hoặc gờ có lớp xen giữa lõi và lớp bọc gờ sẽ tạo ra tấm gồm năm lớp.

Sáng chế đề xuất sản phẩm tấm vảy hàn hợp kim nhôm bao gồm: phần lõi được phủ bằng lớp xen giàu Mg, lớp xen này lại được phủ bằng hợp kim Al-Si chứa Bi để tăng cường tính năng hàn vảy, trong đó phần lõi và lớp xen này có nhiệt độ nóng chảy cao hơn hợp kim hàn vảy và có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ hàn vảy dự định. Mg từ lớp xen khuếch tán qua lớp hàn vảy ra bề mặt ngoài của tấm vảy hàn trong khi việc đốt nóng đến nhiệt độ hàn vảy. Nếu Mg với lượng chính xác đến đó và ở thời điểm chính xác, thì oxit bề mặt sẽ bị phá vỡ để cho phép kim loại điền đầy nóng chảy thấm ướt bề mặt đối bất kỳ và tạo ra mối hàn, trong khi có lớp xen nguyên vẹn trợ giúp trong việc tạo ra gradient điện thế ăn mòn qua độ dày của tấm sau khi hàn vảy. Để cho phép tạo ra mối hàn tốt trong thiết bị trao đổi nhiệt, tấm vảy hàn cần phải nóng chảy ở nhiệt độ khoảng 577°C và việc đốt nóng có thể đạt được nhiệt độ nằm trong khoảng 585-610°C. Thông thường, tốt hơn nếu việc đốt nóng đạt được nhiệt độ nằm trong khoảng 595-605°C. Điều cần thiết là nhiệt độ hóa lỏng của lớp xen và lớp lõi phải cao hơn và chúng đều phải có nhiệt độ hóa lỏng cao hơn 615°C.

Hợp kim hàn vảy

Để thu được mối hàn tốt, tốt hơn nếu hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa không quá 0,02% Mg, tốt hơn nữa là <0,01% Mg. Điều quan trọng là hàm lượng Mg trong lớp hàn vảy mỏng được giữ ở mức thấp để tránh sự phát triển quá mức của oxit trên bề mặt trong khi đốt nóng trước khi hàn vảy. Việc bổ sung Bi vào lớp hàn vảy theo sáng chế làm tăng cường quá trình tạo ra mối hàn, khiến cho mối hàn được tạo ra nhanh hơn và có kích thước lớn hơn. Nó cũng có thể chứa Zn, Sn và In để làm giảm điện thế ăn mòn của hợp kim nhôm hoặc Cu và Mn để làm tăng điện thế ăn mòn. Sr là chất cải biến hiệu nghiệm để đạt được cỡ hạt Si nhỏ và cũng có thể có mặt với lượng lên đến 500ppm.

Lượng Si trong hợp kim hàn vảy hệ Al-Si có thể được chọn để phù hợp với quy trình hàn vảy cụ thể mong muốn và thường nằm trong khoảng từ 5 đến 14% Si, nhưng tốt hơn là nằm trong khoảng từ 7 đến 13% Si.

Do vậy, thành phần được ưu tiên của hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa:

Si	từ 5 đến 14%, tốt hơn là từ 7 đến 13%,
Mg	<0,02%, tốt hơn là <0,01%,
Bi	0,01 đến 1,0%, tốt hơn là từ 0,05 đến 0,5%, tốt nhất là từ 0,07 đến 0,2%,
Fe	≤0,8%
Cu	≤0,3%,
Mn	≤0,15%,

Zn	$\leq 6\%$,
Sn	$\leq 0,1\%$
In	$\leq 0,1\%$
Sr	$\leq 0,05\%$, và

các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05% và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2%, phần còn lại bao gồm nhôm.

Phần lõi

Tấm vảy hàn theo sáng chế có thể được sử dụng với phần lõi của tấm vảy hàn hợp kim nhôm bất kỳ. Phần lõi thích hợp có thể là hợp kim loại AA3xxx bất kỳ. Sáng chế đã phát hiện ra rằng sự tạo ra mối hàn trong quá trình hàn vảy sẽ tốt khi Mg được bổ sung vào hợp kim lõi, điều này có nghĩa là lõi có thể có được độ bền cao hơn. Lõi này cũng cần phải chứa Mn để có được độ bền, khả năng hàn vảy và đặc tính ăn mòn và Cu để cải biến đặc tính ăn mòn và để có được độ bền sau quá trình hàn vảy. Nó cũng có thể chứa Si để có được độ bền và mục đích tạo ra thể phân tán, cũng như Ti để có được độ bền chống ăn mòn như lò luyện hạt trong quá trình đúc. Các nguyên tố of Zr, Cr, V và Sc có thể có mặt để cải biến độ bền và nhằm mục đích phân tán.

Do đó, tốt hơn là hợp kim lõi chứa

Mn	$< 2,0\%$,
Cu	$\leq 1,2\%$,
Fe	$\leq 1,0\%$,
Si	$\leq 1,0\%$,
Ti	$\leq 0,2\%$,
Mg	$\leq 2,5\%$, tốt hơn là 0,03-2,0%
tổng lượng Zr, Cr, V và/hoặc Sc $\leq 0,2\%$, và	

các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05% và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2%, phần còn lại bao gồm nhôm.

Lớp xen

Lớp xen mỏng chứa hợp kim nhôm, có nhiệt độ nóng chảy cao hơn so với nhiệt độ nóng chảy của kim loại hàn vảy Al-Si phủ ngoài, sẽ cần phải chứa lượng đáng kể Mg để cho phép khuếch tán qua bề mặt hàn vảy để phá vỡ oxit trên bề mặt. Do đó, lớp xen cần có hàm lượng Mg cao hơn 0,1%, và tốt hơn nữa là cao hơn 0,2%. Trường hợp được ưu tiên nhất là khi Mg được bổ sung vào hợp kim với lượng 0,3% hoặc hơn, tốt nhất là hơn

0,5%. Như được thể hiện trong các ví dụ, việc tạo ra mối hàn là khả thi với 0,5% trong lớp xen. Tuy nhiên, tốt hơn nữa với ít nhất 0,9% Mg trong lớp xen. Khả năng cán của vật liệu này có thể là khó khi hàm lượng Mg trong lớp xen vượt quá 2,5%. Tốt hơn là, hàm lượng tối đa của Mg trong lớp xen không quá 2,2%. Do vậy, hàm lượng Mg trong lớp xen nằm trong khoảng 2-2,5%, tốt hơn là nằm trong khoảng 0,2-2,5%, tốt hơn nữa là nằm trong khoảng 0,3-2,5%, thậm chí còn tốt hơn nữa nếu nằm trong khoảng 0,5-2,5%, và tốt nhất là nằm trong khoảng 0,9-2,2%. Lớp xen này cũng có thể chứa Si, Mn, Fe, Ti, Cu, Zn, Cr, Zr, V và Sc vì những lý do tương tự như phần lõi. Zn, Sn và In có thể được bao gồm để làm giảm điện thế ăn mòn của hợp kim và giúp tạo ra gradien điện thế ăn mòn thích hợp sau quá trình hàn vẩy qua độ dày của tấm.

Do vậy, hợp kim lớp xen tốt hơn là chứa,

Mg 2-2,5%, tốt hơn là $\geq 0,2\%$, tốt hơn nữa là $\geq 0,3\%$, thậm chí còn tốt hơn nữa là $\geq 0,5\%$, tốt nhất là 0,9-2,2%

Mn $< 2,0\%$,

Cu $\leq 1,2\%$,

Fe $\leq 1,0\%$,

Si $\leq 1,0\%$,

Ti $\leq 0,2\%$,

Zn $\leq 6\%$,

Sn $\leq 0,1\%$,

In $\leq 0,1\%$,

tổng lượng Zr, Cr, V và/hoặc Sc $\leq 0,2\%$, và

các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05%, và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2%, phần còn lại bao gồm nhôm.

Tấm vẩy hàn compozit

Bằng cách tạo ra tấm vẩy hàn hợp kim nhôm sản phẩm bao gồm: phần lõi được phủ bằng lớp xen chứa Mg, lớp xen này lại được phủ bằng hợp kim Al-Si chứa Bi để tăng cường tính năng hàn vẩy, trong đó phần lõi và lớp xen này có nhiệt độ nóng chảy cao hơn chảy so với hợp kim hàn vẩy và thực vậy có nhiệt độ nóng chảy cao hơn nhiệt độ hàn vẩy dự định. Tấm vẩy hàn có thể được hàn vẩy có hiệu quả trong môi trường không khí có kiểm soát mà không cần sử dụng chất trợ dung. Phía đối diện có thể không được bọc, được bố trí theo cấu hình tương tự, được phủ bằng lớp phủ để bị ăn mòn, hoặc lớp lớp phủ hàn vẩy Al-Si. Tuy nhiên, các tấm hàn vẩy có thể được sử dụng trong sáng chế là không bị giới hạn ở các cấu hình này.

Tổng độ dày của tấm vảy hàn hợp kim nhôm nằm trong khoảng từ 0,1 đến 4 mm là thích hợp trong sản xuất các thiết bị trao đổi nhiệt. Tốt hơn là, độ dày của lớp xen nằm trong khoảng từ 5 đến 200 μ m, để tạo ra có hiệu quả sự phá vỡ oxit trong khi hàn vảy. Độ dày của lớp hàn vảy có thể nằm trong khoảng từ 5 đến 100 μ m. Tốt hơn là, tổng độ dày lớp bọc so với tổng độ dày của tấm vảy hàn nhiều lớp nằm trong khoảng từ 3 đến 30%. Độ dày của tấm vảy hàn được chọn sao cho có đủ kim loại điền đầy để tạo ra kích thước mối hàn hợp lý sau quá trình hàn vảy. Ngoài ra, độ dày này cần được chọn sao cho lượng Mg thích hợp sẽ khuếch tán qua lớp hàn vảy đến oxit bên ngoài trong khi đốt nóng vảy hàn, nhờ đó làm phá vỡ oxit và làm cho việc thấm ướt tốt. Độ dày của lớp xen so với lớp hợp kim hàn vảy là nằm trong khoảng từ 25% đến 250%, với hầu hết các áp dụng đều cần đến tỷ lệ độ dày nằm trong khoảng từ 50% đến 150%. Khoảng nhiệt độ thích hợp để tiến hành quá trình hàn vảy là từ 580°C đến 610°C, và tốt hơn là nằm trong khoảng từ 590°C đến 605°C.

Thành phần hóa học của lớp xen và lõi cần được chọn sao cho chúng sau khi hàn vảy tạo ra gradien điện thế ăn mòn thích hợp. Điều này có nghĩa là lớp xen cần phải dễ bị ăn mòn thay cho lõi.

Lý tưởng nếu tấm này được thiết kế sao cho lượng Mg đủ phải tới được bề mặt chung oxit/kim loại để phá vỡ oxit ở đúng thời điểm trong chu trình đốt nóng vảy hàn. Nếu quá nhiều Mg tới bề mặt chung oxit/kim loại quá sớm trong chu trình đốt nóng vảy hàn, thì Mg dư có thể trợ giúp trong việc tạo ra oxit quá dày và ngăn ngừa việc thấm ướt và phát triển mối hàn. Nếu quá ít Mg đến bề mặt chung oxit/kim loại hoặc nếu nó đến được nhưng lại quá muộn trong chu trình đốt nóng vảy hàn, thì việc thấm ướt và phát triển mối hàn sẽ không hoàn toàn hoặc bằng không. Sõ dĩ như vậy là vì kim loại điền đầy có thể chảy xuống bên dưới lớp oxit không bị phá vỡ. Do đó, chu trình đốt nóng vảy hàn là rất quan trọng và cần được cân nhắc cùng với việc thiết kế tấm, cách sản xuất cơ nhiệt, các đặc điểm của lò và thiết kế của hệ thống thiết bị trao đổi nhiệt để có thể hàn vảy thành công mà không cần chất trợ dung.

Sáng chế còn đề xuất thiết bị trao đổi nhiệt bao gồm tấm vảy hàn hợp kim nhôm như nêu trên.

Sản xuất tấm vảy hàn

Mỗi hợp kim nêu trên có thể được đúc bằng cách làm nguội trực tiếp (direct chill - DC) hoặc đúc bằng hai trục cán liên tục hoặc được đúc liên tục trong máy đúc vành đai. Việc lựa chọn kỹ thuật đúc được quyết định bởi các cân nhắc về kỹ thuật, kinh tế và dung tích. Lõi hợp kim được đúc dưới dạng tấm bằng cách sử dụng phương pháp đúc bằng cách làm nguội trực tiếp, trong khi lớp trung gian và lớp mỏng bên ngoài được đúc bằng cách sử dụng phương pháp đúc DC hoặc kỹ thuật đúc liên tục.

Kỹ thuật thường được sử dụng hiện nay là đúc DC và sau đó các tấm làm bằng thỏi hợp kim hàn vảy và thỏi hợp kim lớp xen cả hai đều được cạo và sau đó được nung nóng trong lò ở nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350 đến 550°C và khoảng thời gian ở nhiệt độ ủ nóng nằm trong khoảng từ 0 đến 20 giờ. Sau đó cả hai hợp kim này đều được cán nóng đến độ dày mong muốn và được cắt để có chiều dài thích hợp. Sau đó, tấm lớp xen được đặt trên bề mặt được cạo của lõi ở dạng thỏi và sau đó tấm hợp kim hàn vảy được đặt trên bề mặt của lớp xen. Các tấm này được giữ tại vị trí của tấm lõi bằng các mối hàn ghép dọc theo hai phía đối diện bằng phương pháp hàn vảy MIG, hoặc bằng cách buộc bằng dải thép hoặc bằng kỹ thuật thích hợp khác để tạo ra thỏi dễ xử lý. Sau đó, thỏi này được đặt vào lò nung nóng sơ bộ. Thỏi này được nung nóng đến nhiệt độ nằm trong khoảng từ 350°C đến 550°C và với thời gian ở nhiệt độ ủ nóng nằm trong khoảng từ 0 đến 20 giờ. Sau khi thỏi bọc này được cán nóng, cán nguội đến kích thước cuối cùng, nó được kéo dài để cải thiện độ phẳng và được rạch ở độ rộng phân phối. Việc xử lý nhiệt trung gian và cuối cùng được tiến hành để dễ sản xuất hơn, và ram phân phối chuẩn được tiến hành, nếu cần.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Tất cả các hợp kim được nêu trong các ví dụ được đúc bằng cách sử dụng thiết bị đúc phòng thí nghiệm trong khuôn đúc có khớp bản lề tạo ra các tấm nhỏ dài 150mm, rộng 90mm và dày 20mm. Thành phần hoá học của hợp kim được thử nghiệm về khả năng hàn vảy có thể được thấy trong bảng 1.

Mỗi tấm được cạo, được nung nóng từ nhiệt độ trong phòng đến 450°C trong thời gian 8 giờ, được xử lý nhiệt ở 450°C trong thời gian 2 giờ và được làm nguội bằng không khí xung quanh. Sau đó, vật liệu này được cán đến độ dày thích hợp và được ủ mềm giữa các lần cán, khi cần để tạo điều kiện thuận lợi cho việc cán được dễ dàng. Sau đó,

vật liệu lớp lõi, lớp hàn vảy trung gian và lớp ngoài được kết hợp để tạo ra tấm được bọc gồm ba lớp, trong đó các lớp được gắn vào nhau bằng cách cán nguội. Các vật liệu này được cán nguội đến độ dày 0,25mm, tạo ra một lớp bọc bên cạnh với 10% lớp xen và 10% lớp hàn vảy, với các lần ủ mềm giữa các lần cán khi cần, để việc cán được dễ dàng hơn và việc ủ lại lần cuối để ram H24 để tạo ra các hạt được tái kết tinh to trong lõi trong quá trình hàn vảy sau đó. Thay vì ủ ram, người ta có thể tạo ra các ram được xử lý, ví dụ H12, H14 hoặc H112, để tạo ra các hạt tái kết tinh to.

Bảng 1. Thành phần hoá học, tính theo % khối lượng của hợp kim được thử nghiệm từ các phân tích nóng chảy bằng OES.

Hợp kim	Loại	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Ti	Zr	Bi
A	Lõi	0,14	0,50	0,12	1,09	<0,01	0,02	<0,01	<0,01
B	Lõi	0,07	0,22	0,81	1,70	<0,01	0,05	0,14	<0,01
C	Lõi/lớp xen	0,75	0,22	0,29	0,60	0,31	0,15	<0,01	<0,01
D	Lõi	0,68	0,25	0,30	0,03	0,42	0,14	<0,01	<0,01
E	Lõi/lớp xen	0,05	0,20	0,28	1,30	0,22	0,02	<0,01	<0,01
F	Lõi/lớp xen	0,50	0,22	<0,01	0,06	0,67	0,01	<0,01	<0,01
G	Lớp xen	0,05	0,17	<0,01	<0,01	0,51	<0,01	<0,01	<0,01
H	Lớp xen	0,03	0,15	<0,01	<0,01	0,96	<0,01	<0,01	<0,01
I	Lớp xen	0,03	0,15	<0,01	<0,01	1,9	<0,01	<0,01	<0,01
J	Lớp xen	0,07	0,28	<0,01	0,80	1,1	<0,01	<0,01	<0,01
K	Lớp xen	0,09	0,33	<0,01	1,7	1,0	<0,01	<0,01	<0,01
L	Lớp xen	0,05	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
M	Hàn vảy	10,0	0,23	<0,01	0,01	1,26	<0,01	<0,01	0,09
N	Hàn vảy	10,2	0,17	<0,01	<0,01	0,11	<0,01	<0,01	0,12
O	Hàn vảy	8,0	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,11
P	Hàn vảy	8,0	0,18	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Q	Hàn vảy	10,2	0,17	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,12

Việc hàn vảy được thực hiện trong lò thủy tinh phòng thí nghiệm với buồng hàn vảy rộng khoảng 3dm³. Lò này được phun khí nitơ trong toàn bộ chu trình hàn vảy với tốc độ 10 lit/phút. Nhiệt độ của chu trình hàn vảy được tăng tuyến tính từ nhiệt độ trong phòng đến 600°C trong thời gian 10 phút, ủ nóng trong thời gian 3 phút ở nhiệt độ 600°C tiếp đó là làm nguội bằng không khí đến nhiệt độ trong phòng. Mẫu được bố trí ở một góc uốn không được bọc trên mẫu thử nghiệm, nơi vật liệu bọc được sử dụng làm mẫu thử nghiệm và AA3003 không được bọc với cỡ 0,5mm được sử dụng làm góc uốn. Tất cả các quá trình hàn vảy đều được tiến hành mà không cần chất trợ dung. Các mẫu

được thử nghiệm bằng cách kiểm tra bằng trực quan các mối hàn vảy và việc chọn đại diện một số mẫu cho các kết quả được thể hiện trong bảng dưới đây.

Bảng 2 Các kết quả thử nghiệm được chọn

	Nhận xét	Lỗi	Lớp xen	Hàn vảy	Kết quả
Ví dụ 1 tấm CAB chuẩn	So sánh	B	---	P	Không có mối hàn giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 2 tấm vảy hàn trong chân không chuẩn	So sánh	A	---	M	Không có mối hàn giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 3	Sáng chế	B	G	O	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc. Nhỏ.
Ví dụ 4	Sáng chế	C	H	Q	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 5	Sáng chế	D	I	O	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 6	Sáng chế	E	J	Q	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 7	Sáng chế	F	K	O	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 8	So sánh	B	G	N	Không có mối hàn, quá nhiều Mg trong vảy hàn
Ví dụ 9	Sáng chế	B	C	O	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc, rất chậm.
Ví dụ 10	Sáng chế	B	E	O	Hàn được, nhưng khó hàn
Ví dụ 11	Sáng chế	B	F	O	Mối hàn được tạo ra giữa mẫu thử nghiệm được bọc và góc không được bọc.
Ví dụ 12	So sánh	F	K	P	Không hàn được, không có Bi trong vảy hàn
Ví dụ 13	So sánh	B	L	O	Không hàn được, không có Mg trong lớp xen

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm để hàn vảy không cần chất trợ dung thích hợp để hàn vảy các bộ phận khác, tấm vảy hàn hợp kim nhôm này bao gồm phần lõi làm từ hợp kim nhôm được phủ bằng lớp xen làm từ hợp kim nhôm chứa $\leq 1,0\%$ Si và 2-2,5% Mg, lớp xen này được phủ bằng lớp hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa 5-14% Si, $< 0,02\%$ Mg, 0,05-0,02 Bi, $\leq 0,8\%$ Fe, $\leq 6\%$ Zn, $\leq 0,1\%$ Sn, $\leq 0,1\%$ In, $\leq 0,3\%$ Cu, $\leq 0,15\%$ Mn, $\leq 0,05\%$ Sr, và các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05% khối lượng và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2% khối lượng, phần còn lại bao gồm nhôm, và trong đó phần lõi và lớp xen này có nhiệt độ nóng chảy cao hơn so với nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn vảy và trong đó lớp xen là dễ bị ăn mòn thay cho lõi.

2. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm 1, trong đó hợp kim tạo lớp xen chứa:

Mg	2-2,5%, tốt hơn là $\geq 0,2\%$, tốt hơn nữa là $\geq 0,3\%$, tốt nhất là 0,5-2,5%
Mn	$< 2,0\%$,
Cu	$\leq 1,2\%$,
Fe	$\leq 1,0\%$,
Si	$\leq 1,0\%$,
Ti	$\leq 0,2\%$,
Zn	$\leq 6\%$,
Sn	$\leq 0,1\%$,
In	$\leq 0,1\%$, và

Zr, Cr, V và/hoặc Sc với tổng lượng $\leq 0,2\%$, và

các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05%, và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2%, phần còn lại bao gồm nhôm.

3. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm 1 hoặc 2, trong đó phần lõi là hợp kim 3XXX, tốt hơn là chứa:

Mn	$< 2,0\%$,
Cu	$\leq 1,2\%$,
Fe	$\leq 1,0\%$,
Si	$\leq 1,0\%$,
Ti	$\leq 0,2\%$,
Mg	$\leq 2,5\%$, tốt hơn là 0,03-2,0%

Zr, Cr, V và/hoặc Sc với tổng lượng $\leq 0,2\%$, và

các tạp chất không thể tránh được mỗi loại với lượng nhỏ hơn 0,05% và tổng lượng tạp chất nhỏ hơn 0,2%, phần còn lại bao gồm nhôm.

4. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa Bi với lượng nằm trong khoảng từ 0,07% đến 0,2%.
5. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa Mg với lượng $<0,01\%$.
6. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó hợp kim hàn vảy hệ Al-Si chứa Si với lượng nằm trong khoảng từ 7% đến 13%.
7. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 6, trong đó nhiệt độ nóng chảy của lớp xen và của lõi là $>615^{\circ}\text{C}$.
8. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 7, trong đó nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn vảy nằm trong khoảng $550-590^{\circ}\text{C}$.
9. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 8, trong đó tỷ lệ giữa độ dày của lớp xen và độ dày của lớp hợp kim hàn vảy là ở mức 25-250%, tốt hơn là ở mức 50-150%.
10. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 9, trong đó độ dày của lớp xen nằm trong khoảng từ $5\mu\text{m}$ đến $200\mu\text{m}$.
11. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 10, trong đó tấm vảy hàn này có lớp hàn vảy hoặc lớp phủ dễ bị ăn mòn ở phía lõi đối diện với phía có lớp xen và hợp kim hàn vảy.
12. Tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm 11, trong đó lớp phủ dễ bị ăn mòn ở phía đối diện của lõi được phủ bằng lớp dễ bị ăn mòn hoặc lớp hàn vảy.
13. Sản phẩm hàn vảy, bao gồm tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm nêu trên, trong đó lớp xen là dễ bị ăn mòn thay cho lõi.
14. Phương pháp hàn vảy thiết bị trao đổi nhiệt mà không cần dùng chất trợ dung, bao gồm bước sử dụng tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12 để hàn nối các cánh, ống hoặc tấm đỡ.

15. Thiết bị trao đổi nhiệt bao gồm tấm vảy hàn hợp kim nhôm theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 12.