



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

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

(11)



1-0032159

(51)⁷ B23K 35/26; C22C 13/02; C22C 13/00 (13) B

(21) 1-2019-05716

(22) 26/12/2018

(86) PCT/JP2018/047747 26/12/2018

(87) WO 2019/131718 04/07/2019

(30) 2017-255303 31/12/2017 JP

(45) 25/06/2022 411

(43) 30/01/2020 382A

(73) SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD. (JP)

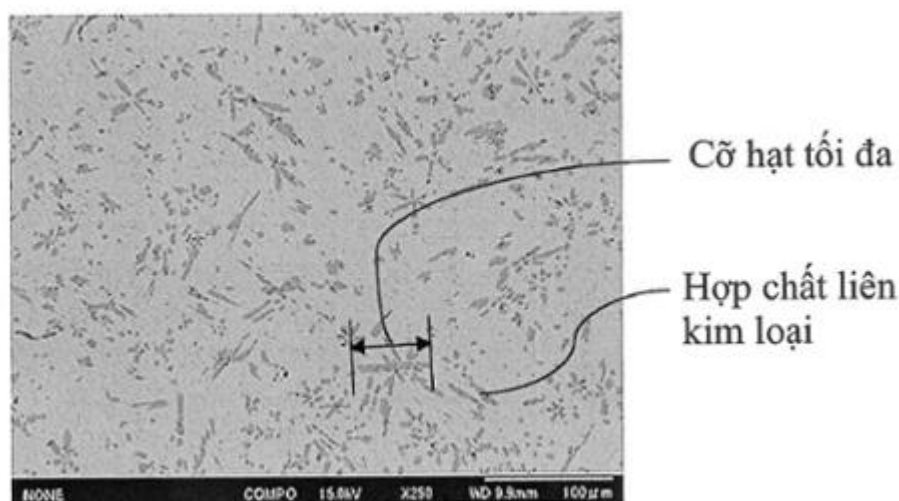
23, Senju-Hashido-cho, Adachi-ku, Tokyo 1208555, Japan

(72) YOKOYAMA Takahiro (JP); YOSHIKAWA Shunsaku (JP).

(74) Công ty TNHH Tầm nhìn và Liên danh (VISION & ASSOCIATES CO.LTD.)

(54) HỢP KIM HÀN

(57) Sáng chế đề xuất hợp kim hàn có đặc tính đúc liên tục chất lượng cao. Hợp kim hàn theo sáng chế có thành phần hợp kim bao gồm, tính theo % khối lượng, Cu với lượng từ 0,8% đến 10%, phần còn lại là Sn, và chứa hợp chất liên kim loại. Ở vùng có chiều dày lớn hơn hoặc bằng 50 μm tính từ bề mặt của hợp kim hàn, hợp chất liên kim loại này có cỡ hạt tinh thể lớn nhất không lớn hơn 100 μm .



Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn có khả năng đúc liên tục chất lượng cao và mối hàn bao gồm hợp kim hàn này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Các linh kiện điện tử được gắn trên bảng mạch in. Các ví dụ về biện pháp gắn các linh kiện điện tử gồm có biện pháp hàn theo dòng, hàn nhúng và dạng hàn tương tự. Hàn theo dòng là phương pháp mà trong đó việc hàn được thực hiện bằng cách phun một dòng tia từ bề hàn nhúng lên phía bề mặt nối của bảng mạch in. Hàn nhúng là phương pháp mà trong đó đầu cuối như thành phần cuộn dây được nhúng trong bể hàn nhúng để loại bỏ màng cách điện và thực hiện việc phủ thuốc hàn sơ bộ.

Đối với việc hàn theo dòng hoặc hàn nhúng, cần có bể hàn nhúng. Vì bề hàn nhúng tiếp xúc với không khí trong thời gian dài, nên xỉ tạo thành trong bể hàn nhúng phải được loại bỏ thường xuyên. Hơn nữa, thuốc hàn nóng chảy trong bể hàn nhúng bị tiêu hao bởi việc hàn. Do đó, hợp kim hàn được cấp định kỳ vào bể hàn nhúng. Để cấp hợp kim hàn, thuốc hàn dạng thanh thường được sử dụng.

Đối với phương pháp sản xuất thuốc hàn dạng thanh, hiện đã có phương pháp rót thuốc hàn nóng chảy vào khuôn cố định và phương pháp đúc liên tục, trong đó thuốc hàn nóng chảy được rót vào khuôn quay. Phương pháp đúc liên tục là phương pháp, trong đó nguyên liệu thô được cho vào trong lò nấu chảy, được làm nóng chảy và thuốc hàn nóng chảy trong lò nấu chảy được rót vào rãnh của khuôn quay. Các ví dụ về khuôn được sử dụng trong phương pháp đúc liên tục bao gồm khuôn có dạng mà trong đó rãnh được tạo ra ở phần giữa theo hướng chiều rộng của tấm hình khuyên. Sau khi được rót vào rãnh của khuôn quay, thuốc hàn nóng chảy sẽ hóa rắn và được dẫn hướng từ khuôn đến bước cắt ở nhiệt độ xấp xỉ 150°C. Sản phẩm đúc liên tục được dẫn hướng này được cắt theo độ dài định trước để tạo ra thuốc hàn dạng thanh.

Ví dụ, kỹ thuật đúc liên tục hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1. Tài liệu này mô tả rằng việc làm nguội kim loại mà qua đó các dòng nước làm nguội được cho tiếp xúc kín với phần ngoài của khuôn, tốc độ làm nguội ở nhiệt độ đến

280°C là cao hơn hoặc bằng 3°C/giây, tốt hơn nếu cao hơn hoặc bằng 20°C/giây và tốt hơn nữa nếu cao hơn hoặc bằng 50°C/giây và cấu trúc của phần otecti được tinh luyện, trong hợp kim hàn gốc Au-Sn. Tuy nhiên, mặc dù Au đôi khi được sử dụng làm hợp kim hàn không có Pb nhiệt độ cao, nhưng Au có giá thành đắt và rất khó xử lý.

Do đó, hợp kim hàn gốc Sn-Cu được sử dụng chủ yếu cho thuốc hàn dạng thanh. Thông thường, hợp kim hàn gốc Sn-Cu tạo thành các hợp chất liên kim loại trong các hợp kim hàn. Khi hợp kim được sản xuất bằng phương pháp đúc liên tục, thì hợp chất liên kim loại giòn thô có thể được tạo ra trong quá trình hóa rắn thuốc hàn nóng chảy. Khi hợp chất liên kim loại thô được tạo ra, thì hợp kim hàn này có thể bị rạn nứt tại vị trí tạo ra, điều này có thể gây ra vấn đề không tạo thành được sản phẩm đúc liên tục. Ngoài ra, ngay cả khi sản phẩm đúc liên tục có thể được tạo thành, thì vẫn có rủi ro đứt gãy trong quá trình vận chuyển.

Ví dụ về quá trình nghiên cứu hợp kim hàn gốc Sn-Cu, từ quan điểm chống đứt gãy mối nối được tạo thành bằng hợp kim hàn này, ví dụ, tài liệu sáng chế 2 mô tả rằng hợp kim gốc Sn-Cu-Ni được sử dụng làm vật liệu hàn vảy cứng nhiệt độ thấp, chất trợ dung được phủ lên vị trí nối của đường ống, hợp kim này được nhúng trong kim loại hàn vảy cứng và sau đó được làm nguội và hóa rắn từ từ.

Danh mục các tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Công bố đơn yêu cầu cấp bằng độc quyền sáng chế Nhật Bản số JP 2017-196647 A,

Tài liệu sáng chế 2: WO 2014/084242 A1.

Tài liệu phi sáng chế

Tài liệu phi sáng chế 1: Yasutaka Hashimoto et al., Current Status and Future Plan of Viscosity Measurement for the Lead-Free Solder, Journal of the Japan Institute of Metals and Materials, J-STAGE early published review, March 27, 2017.

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Mục đích của sáng chế như được mô tả trong tài liệu sáng chế 2 là đề xuất hợp kim dễ dàng được sử dụng ở điểm nóng chảy thấp và cho phép hàm lượng Cu nằm trong khoảng từ 0,3% đến 41,4%. Tuy nhiên, như được mô tả trong tài liệu sáng chế này, vì nhiệt độ pha lỏng ở hàm lượng Cu 41,4% là 640°C và hợp kim được làm nguội và hóa rắn từ từ, nên hợp chất liên kim loại thô sẽ kết tủa ở lớp hợp kim. Do đó, khi sản phẩm đúc liên tục được sản xuất sử dụng hợp kim gốc Sn-Cu được mô tả trong tài liệu sáng chế 2, thì có thể xuất hiện rạn nứt hoặc đứt gãy trong sản phẩm đúc liên tục. Khi rạn nứt hoặc đứt gãy xuất hiện trong sản phẩm đúc liên tục, thì quy trình đúc liên tục bị gián đoạn và quá trình đúc được khởi động lại sau khi sản phẩm đúc bị gãy được lấy ra khỏi khuôn, cho nên quy trình vận hành này khá phức tạp.

Ngoài ra, trong những năm gần đây, nhu cầu sản xuất được sản phẩm đúc liên tục dài hơn để giảm chi phí do luôn phải theo đuổi việc giảm nhân công và giảm thời gian xử lý. Do đó, hiện tượng đứt gãy sản phẩm đúc liên tục trong quá trình đúc liên tục được coi là vấn đề lớn hơn từ trước đến nay.

Ngoài ra, độ nhót của thuốc hàn nóng chảy thay đổi lớn tùy thuộc vào thành phần hợp kim và tùy thuộc vào hợp phần, thuốc hàn nóng chảy này ít có khả năng chảy trong rãnh của khuôn quay. Vì lý do này, do sản phẩm đúc liên tục bị dày lên, nên hợp chất liên kim loại thô có thể được tạo ra ngay cả khi khuôn được làm nguội nhanh, dẫn đến sự đứt gãy sản phẩm đúc liên tục. Do đó, ngay cả khi hợp kim gốc Sn-Cu được mô tả trong tài liệu sáng chế 2 được áp dụng cho tài liệu sáng chế 1, thì có thể vẫn xuất hiện hiện tượng đứt gãy sản phẩm đúc liên tục.

Mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn có khả năng đúc liên tục chất lượng cao.

Giải pháp kỹ thuật

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu lại các vấn đề trong trường hợp khi hợp kim được mô tả trong tài liệu sáng chế 2 được sản xuất dưới dạng sản phẩm đúc liên tục. Trong tài liệu sáng chế 2, hợp kim hàn được dự định được ngăn ngừa không bị gãy bằng cách làm nguội từ từ vật liệu hàn vảy cứng trong quá trình nối. Ví dụ, khi

sự làm nguội chậm được thực hiện như được mô tả trong tài liệu sáng chế 2, thì hợp chất liên kim loại thô được tạo ra bên trong hợp kim hàn. Ở vị trí nơi hợp chất liên kim loại thô được tạo ra, rạn nứt xuất hiện trong quá trình hóa rắn hoặc đứt gãy xuất hiện khi hợp kim hàn bị cắt. Điều này có thể thấy rõ trong hợp kim hyperotecti có hàm lượng Cu lớn hơn hoặc bằng 0,8%.

Do đó, các tác giả sáng chế tập trung vào việc làm nguội trong quá trình sản xuất sản phẩm đúc liên tục, hơn là tập trung vào việc làm nguội trong quá trình nổi như được mô tả trong tài liệu sáng chế 2. Đặc biệt là, trong quá trình đúc liên tục sử dụng hợp kim hàn Sn-Cu có hàm lượng Cu lớn hơn hoặc bằng 0,8%, đã xác nhận rằng hợp chất liên kim loại được tạo ra bên trong hợp kim hàn là thô, khi việc đúc được tiến hành trong khi làm nguội khuôn như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1. Ngoài ra, tài liệu phi sáng chế 1 báo cáo rằng độ nhớt của thuốc hàn nóng chảy tăng lên khi hàm lượng Cu tăng lên. Việc khi hàm lượng Cu tăng từ 0,7% đến 7,6%, thì độ nhớt ở cùng nhiệt độ tăng lên khoảng 1,5 lần cũng đã được báo cáo trong tài liệu này. Nhờ vậy, khi việc đúc được tiến hành với nhiều hàm lượng Cu khác nhau, thì phát hiện ra rằng, tính lỏng của thuốc hàn nóng chảy trong khuôn giảm đi khi hàm lượng Cu tăng lên và tần số xuất hiện đứt gãy trong khi hóa rắn cũng tăng lên khi độ dày tấm tăng lên.

Để bù cho việc giảm tính lỏng của thuốc hàn nóng chảy do việc tăng hàm lượng Cu, có thể làm nghiêng khuôn quay sao cho các thuốc hàn nóng chảy đúc chảy từ trên xuống dưới. Tuy nhiên, khi khuôn quay bị nghiêng, thì hình dạng mặt cắt ngang của sản phẩm đúc liên tục khác nhiều so với hình dạng rãnh của khuôn, cho nên không thể thu được sản phẩm đúc liên tục mong muốn. Mặt khác, khi góc nghiêng của khuôn quay quá lớn, thì thuốc hàn nóng chảy có thể nhô ra khỏi rãnh khi thuốc hàn nóng chảy chảy vào phần cong của khuôn quay. Do đó, trong trường hợp sử dụng phương pháp đúc liên tục, khuôn quay phải duy trì trạng thái nằm ngang.

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu thêm về thuốc hàn nóng chảy, sao cho thuốc hàn nóng chảy này chảy một cách đầy đủ trong khuôn để ngăn ngừa sự rạn nứt hoặc đứt gãy trong quá trình hóa rắn, ngay cả khi thuốc hàn nóng chảy có thành phần hợp kim có độ nhớt cao được rót vào khuôn ở trạng thái mà ở đó khuôn quay duy trì

trạng thái nằm ngang. Mặc dù sự rạn nứt hoặc đứt gãy sản phẩm đúc liên tục thông thường được coi là do sự rung của khuôn quay gây ra, nhưng đã phát hiện ra rằng, khi sự rung rất nhỏ như các sóng siêu âm được tác dụng vào thuốc hàn nóng chảy được đúc trong khuôn, thì tính lỏng của thuốc hàn nóng chảy trong khuôn được cải thiện một cách bất ngờ và cỡ hạt lớn nhất của hợp chất liên kim loại bị giảm một cách bất ngờ. Kết quả là, sản phẩm đúc liên tục có chất lượng tốt có thể được sản xuất mà không có rạn nứt hoặc đứt gãy trong quá trình hóa rắn và sáng chế được hoàn thành.

Sáng chế được hoàn thành dựa trên các phát hiện này là như sau.

- (1) Hợp kim hàn, có thành phần hợp kim bao gồm các nguyên tố sau, theo % khối lượng, Cu từ 0,8% đến 10% với phần còn lại là Sn và chứa hợp chất liên kim loại, trong đó hợp chất liên kim loại này có cỡ hạt lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$ ở vùng cách bề mặt của hợp kim hàn ít nhất là $50\mu\text{m}$.
- (2) Hợp kim hàn theo mục (1) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim này còn chứa Ni với lượng, tính theo % khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%.
- (3) Hợp kim hàn theo mục (2) nêu trên, trong đó hợp chất liên kim loại này chủ yếu là $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$.
- (4) Hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim này còn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố sau, theo % khối lượng, P ít hơn hoặc bằng 0,3%, Ge ít hơn hoặc bằng 0,3% và Ga ít hơn hoặc bằng 0,3%.
- (5) Hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim này còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ ít nhất một nhóm của nhóm bao gồm ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 5%, và nhóm bao gồm ít nhất một trong số các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1%.
- (6) Hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) nêu trên, trong đó mỗi tương quan (1) sau đây được thỏa mãn:

cỡ hạt lớn nhất (μm) $\times$ tỷ lệ diện tích (%) của hợp chất liên kim loại trong hợp kim hàn $\leq 3000 (\mu\text{m} \cdot \%) \dots (1)$.

Mô tả vắn tắt các hình vẽ

Fig.1 là hình ảnh mặt cắt ngang của hợp kim hàn theo ví dụ 7.

Fig.2 là các hình ảnh mặt cắt ngang của các hợp kim hàn theo ví dụ 8 và ví dụ so sánh 4, Fig.2(a) là hình ảnh của ví dụ 8 và Fig.2(b) là hình ảnh của ví dụ so sánh 4.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết dưới đây. Trong phần mô tả, “%” liên quan đến hỗn hợp hợp kim hàn là “% khối lượng”, trừ khi có quy định khác.

1. Thành phần hợp kim của hợp kim hàn:

(1) Cu: từ 0,8% đến 10%

Hợp kim hàn theo sáng chế có thể giải quyết vấn đề trong trường hợp hợp kim hyperotecti, trong đó hợp chất liên kim loại CuSn thô có khả năng được tạo ra. Khi hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,7%, thì hypootecti xuất hiện, sao cho tinh thể chính trong quá trình hóa rắn là Sn, khi hàm lượng Cu vượt quá 0,7%, thì hyperotecti xuất hiện, sao cho tinh thể chính trong quá trình hóa rắn là hợp chất SnCu. Khi tinh thể chính là hợp chất SnCu, thì tính lỏng của thuốc hàn nóng chảy trong khuôn bị suy giảm. Tuy nhiên, khi hàm lượng Cu hơi cao hơn 0,7% một chút, thì có một chút ảnh hưởng của hợp chất liên kim loại trong quá trình đúc bất kể các điều kiện sản xuất. Vì hiệu quả của sáng chế có nhiều khả năng được biểu hiện khi hàm lượng Cu lớn hơn, nên về mặt giới hạn dưới, hàm lượng Cu lớn hơn hoặc bằng 0,8%, tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 1,0% và tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 4,0%.

Khi hàm lượng Cu vượt quá 10%, thì nhiệt độ pha lỏng cao làm giảm khả năng gia công. Khi hàm lượng Cu vượt quá 10%, thì tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại quá lớn. Ngoài ra, vì độ nhớt của thuốc hàn nóng chảy tăng lên và tính lỏng trong khuôn bị suy giảm, nên hợp chất liên kim loại thô được tạo ra. Kết quả là, sự nứt vỡ hoặc dạng tương tự xuất hiện trong quá trình hóa rắn. Về mặt giới hạn trên, hàm lượng

Cu nhỏ hơn hoặc bằng 10%, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 8% và tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 7%.

(2) Ni: nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%

Ni là nguyên tố tùy chọn có khả năng kiểm soát cỡ hạt của hợp chất liên kim loại SnCu. Khi hợp kim hàn Sn-Cu chứa Ni, Ni có thể được phân tán đồng nhất trong Cu_6Sn_5 để tạo thành cỡ hạt của hợp chất liên kim loại mịn hơn và ngăn ngừa sự đứt gãy sản phẩm đúc liên tục. Khi hàm lượng Ni nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%, thì sự tăng lên của nhiệt độ pha lỏng là nằm trong phạm vi cho phép và do đó có thể duy trì khả năng gia công tốt này. Về mặt giới hạn trên, hàm lượng Ni tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,2% và tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Mặt khác, để đạt được hiệu quả dựa vào sự kết hợp của Ni, về mặt giới hạn dưới, hàm lượng Ni tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,03% và tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,1%.

Khi chứa Ni, hợp chất liên kim loại theo sáng chế tốt hơn nếu chủ yếu là (Cu, Ni) $_6\text{Sn}_5$. Từ “chủ yếu là (Cu, Ni) $_6\text{Sn}_5$ ” có nghĩa là tỷ lệ diện tích của (Cu, Ni) $_6\text{Sn}_5$ trên tổng diện tích của hợp chất liên kim loại lớn hơn hoặc bằng 0,5 khi quan sát mặt cắt ngang của hợp kim hàn.

(3) Ít nhất một trong số các nguyên tố: P (nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%), Ge (nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%) và Ga (nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%)

Các nguyên tố này là các nguyên tố tùy chọn có khả năng ngăn ngừa sự oxy hóa của hợp kim hàn và cải thiện tính lỏng của thuốc hàn nóng chảy. Về mặt giới hạn trên, khi hàm lượng này nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, thì có thể ngăn ngừa sự tăng nhiệt độ pha lỏng, theo đó có thể rút ngắn thời gian đến khi hóa rắn và có thể ngăn ngừa sự thô hóa của kết cấu hợp kim. Về mặt giới hạn trên, hàm lượng P tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,1% và còn tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 0,025%. Về mặt giới hạn trên, hàm lượng Ge và hàm lượng Ga tốt hơn nếu lần lượt nhỏ hơn hoặc bằng 0,3% và tốt hơn nữa nếu lần lượt nhỏ hơn hoặc bằng 0,15%. Mặt khác, để đạt được hiệu quả dựa vào sự kết hợp của các nguyên tố này, về mặt giới hạn dưới, hàm lượng của mỗi nguyên tố này tốt hơn nếu lớn hơn hoặc bằng 0,005% và tốt hơn nữa nếu lớn hơn hoặc bằng 0,01%.

(4) Ít nhất một nguyên tố được chọn từ ít nhất một nhóm trong nhóm bao gồm ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag tính theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 5% và nhóm bao gồm các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti, và các nguyên tố đất hiếm tính theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1%

Liên quan đến các nguyên tố này, miễn là tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag nhỏ hơn hoặc bằng 5% và tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm nhỏ hơn hoặc bằng 1%, thì khả năng đúc liên tục của hợp kim hàn theo sáng chế không bị ảnh hưởng. Theo sáng chế, thuật ngữ “các nguyên tố đất hiếm” đề cập đến 17 loại nguyên tố trong đó Sc và Y thuộc nhóm 3 và 15 nguyên tố thuộc nhóm lantan tương ứng với các số nguyên tử từ 57 đến 71 trong bảng tuần hoàn các nguyên tố hóa học.

Theo sáng chế, ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn, Ag, Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm có thể được chứa. Liên quan đến hàm lượng của mỗi nguyên tố, tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 5%, và tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 1%. Tốt hơn nữa nếu tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag nhỏ hơn hoặc bằng 1%, và tốt hơn nữa nếu tổng lượng của ít nhất một trong số các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm nhỏ hơn hoặc bằng 0,5%.

(5) Phần còn lại: Sn

Phần còn lại của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Ngoài các nguyên tố trên, có thể có các tạp chất không thể tránh khỏi. Ngay cả trong trường hợp hợp kim chứa các tạp chất không thể tránh khỏi, các hiệu quả mô tả ở trên không bị ảnh hưởng. Ngoài ra, như được mô tả dưới đây, ngay cả khi nguyên tố không có theo sáng chế được chứa trong hợp kim dưới dạng tạp chất không tránh khỏi, thì hiệu quả mô tả ở trên không bị ảnh hưởng.

(6) Cấu trúc hợp kim

Trong hợp kim hàn theo sáng chế, cỡ hạt lớn nhất của hợp chất liên kim loại nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$ ở vùng cách bề mặt của hợp kim hàn ít nhất là $50\mu\text{m}$.

Đối với hợp kim hàn Sn-Cu, trong lĩnh vực kỹ thuật liên quan, vì chỉ tập trung về cỡ hạt của mặt tiếp xúc nối giữa hợp kim hàn và điện cực, nên không có báo cáo về cỡ hạt của bản thân sản phẩm đúc trước khi nối. Ngoài ra, trong nghiên cứu mặt tiếp xúc nối thông thường, vì cần phải thiết lập các điều kiện sản xuất có xét đến ảnh hưởng đến lớp nền, nên linh kiện điện tử hoặc dạng tương tự cần được nối không thể tăng tốc độ làm nguội.

Mặt khác, theo sáng chế, lần đầu tiên vấn đề của việc đúc liên tục có thể được giải quyết bằng cách tập trung có chủ ý vào kết cấu hợp kim của hợp kim hàn Sn-Cu trước khi liên kết hàn, là sản phẩm đúc liên tục được sản xuất bằng cách đúc liên tục.

Thuốc hàn nóng chảy được làm nguội từ bề mặt tiếp xúc với khuôn và phần giữa nằm xa bề mặt tiếp xúc với khuôn nhất cuối cùng sẽ hóa rắn. Sở dĩ như vậy là do tốc độ làm mát tại bề mặt tiếp xúc với khuôn nhanh hơn tốc độ làm nguội ở phần giữa. Tốc độ làm nguội càng nhanh, thì cỡ hạt càng nhỏ. Do đó, nói chung, bề mặt của sản phẩm đúc được làm nguội trong khuôn mịn hơn phần giữa.

Tuy nhiên, không thể ngăn ngừa sự đứt gãy trong quá trình đúc liên tục ngay cả khi chỉ vùng lân cận của bề mặt của hợp kim hàn có cấu trúc mịn. Ngoài ra, khi lượng lớn hợp chất liên kim loại giòn và thô được tạo ra trong quá trình hóa rắn, thì không thể tạo thành khối lớn hợp kim hàn. Khi hợp chất liên kim loại này tồn tại bên trong, thì nứt vỡ lớn được tạo ra bên trong và do đó, có nguy cơ là sản phẩm đúc liên tục bị gãy trong bước sau bước đúc liên tục ngay cả khi nứt vỡ không xuất hiện trên bề mặt do cấu trúc mịn ở vùng gần bề mặt và vết đứt gãy không nhận ra được từ bên ngoài. Ngoài ra, ngay cả khi cỡ hạt trung bình ở bên trong hợp kim hàn được xác định, thì sự có mặt của một hợp chất liên kim loại thô sẽ dẫn đến việc làm đứt gãy hợp kim hàn. Do đó, theo sáng chế, cỡ hạt lớn nhất ở bên trong hợp kim hàn được xác định và cỡ hạt lớn nhất là nhỏ, để có thể tránh được sự đứt gãy trong quá trình đúc liên tục.

Cỡ hạt lớn nhất theo sáng chế được xác định như sau. Hình ảnh mặt cắt của sản phẩm đúc được quan sát để nhận dạng hợp chất liên kim loại và hạt lớn nhất được

chọn bằng mắt thường. Hai đường song song nhau được vẽ cho các hạt sao cho tối đa hóa khoảng cách và khoảng cách này được xác định là cỡ hạt lớn nhất.

Cỡ hạt lớn nhất càng nhỏ, thì khả năng đúc liên tục càng tốt. Do vậy, về mặt giới hạn trên, cỡ hạt lớn nhất tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$, tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng $80\mu\text{m}$, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $60,44\mu\text{m}$, còn tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $58,50\mu\text{m}$ và thậm chí tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng $50\mu\text{m}$.

Hợp chất liên kim loại được tạo ra tùy thuộc vào các nguyên tố cấu thành. Theo sáng chế, hợp chất liên kim loại do thành phần hợp kim chứa Sn, Cu và Ni tạo ra chủ yếu là $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ như được mô tả ở trên.

Theo sáng chế, tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại trong hợp kim hàn tốt hơn nếu nhỏ hơn hoặc bằng 40%, tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 30%, còn tốt hơn nữa nếu nhỏ hơn hoặc bằng 20%, đặc biệt tốt nếu nhỏ hơn hoặc bằng 18,06% và tốt nhất nếu nhỏ hơn hoặc bằng 15,15% từ quan điểm giảm lượng kết tủa của hợp chất liên kim loại giòn và ngăn đứt gãy.

Ngoài ra, trong hợp kim hàn Sn-Cu, khi hợp chất liên kim loại có cỡ hạt nhỏ và lượng kết tủa của hợp chất liên kim loại giòn là nhỏ, thì sự đứt gãy có thể được ngăn ngừa thêm. Trong hợp kim hàn theo sáng chế, tốt hơn nếu mối tương quan (1) sau đây được thỏa mãn có xét đến phần còn lại giữa chúng.

Cỡ hạt lớn nhất (μm) $\times$ tỷ lệ diện tích (%) của hợp chất liên kim loại trong hợp kim hàn $\leq 3000 (\mu\text{m} \cdot \%) \dots (1)$

“Tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại trong hợp kim hàn” thể hiện tỷ lệ (%) diện tích của hợp chất liên kim loại tồn tại trên bề mặt cắt chia cho diện tích của bề mặt cắt thu được bằng cách cắt hợp kim hàn. Tốt hơn nữa nếu vế phải của mối tương quan (1) nêu trên đạt $2500\mu\text{m} \cdot \%$ và tốt hơn nữa nếu đạt $1500\mu\text{m} \cdot \%$.

2. Mối hàn

Mỗi hàn được sử dụng, ví dụ, để nối giữa chip IC và lớp nền (lớp xen giữa) của nó trong bao gói bán dẫn hoặc để nối giữa bao gói bán dẫn và bảng mạch in. Ở đây, “mỗi hàn” đề cập đến phần nối của điện cực.

3. Phương pháp sản xuất hợp kim hàn

Như phương pháp sản xuất hợp kim hàn theo sáng chế, hợp kim hàn được sản xuất, ví dụ, bằng phương pháp đúc liên tục. Trong phương pháp đúc liên tục, trước tiên, nguyên liệu thô được nạp vào lò nấu chảy để có thành phần hợp kim định trước và được gia nhiệt đến nhiệt độ từ xấp xỉ 350°C đến 500°C để làm nóng chảy nguyên liệu thô.

Sau khi tất cả các nguyên liệu thô nóng chảy, thuốc hàn nóng chảy trong lò nấu chảy được rót liên tục vào khuôn quay.

Ví dụ, khuôn quay có rãnh ở phần giữa theo hướng chiều rộng của tấm hình khuyên. Khi thuốc hàn nóng chảy được rót, thì thuốc hàn nóng chảy được rót vào rãnh của khuôn trong lúc quay khuôn quay. Lượng thuốc hàn nóng chảy được cấp vào khuôn được điều chỉnh thích hợp tùy thuộc vào số vòng quay của khuôn và tần số rung rất nhỏ như các sóng siêu âm tác động lên thuốc hàn nóng chảy trong khuôn. Ví dụ, khi sóng siêu âm tác động, thì thiết bị rung siêu âm được gắn vào bề mặt bên của khuôn quay. Theo sáng chế, tần số sóng siêu âm tác dụng vào thuốc hàn nóng chảy không bị giới hạn cụ thể, nhưng có thể, ví dụ, lớn hơn hoặc bằng 10kHz.

Theo sáng chế, bằng cách gắn thiết bị siêu âm vào khuôn quay và tác động các sóng siêu âm lên thuốc hàn nóng chảy, cấu trúc tế vi thu được như được mô tả ở trên. Trong thành phần hợp kim hàn theo sáng chế, tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại không quá cao và phần còn lại tốt với cỡ hạt lớn nhất đạt được. Các chi tiết là không rõ ràng, nhưng các chi tiết này được giả định như sau. Trong hợp kim hàn Sn-Cu, hợp chất SnCu được tạo ra dưới dạng tinh thể sơ cấp trong quá trình hóa rắn và một phần có hàm lượng Cu cao quá mức được tạo ra do sự phân tầng, và hợp chất SnCu thô có thể được tạo thành. Do đó, theo sáng chế, có thể ngăn ngừa sự phân tầng của hợp chất SnCu bằng cách tác dụng rung động rất nhỏ như sóng siêu âm và có thể ngăn ngừa sự tạo thành hợp chất SnCu thô.

Thuốc hàn nóng chảy chảy vào khuôn được làm nguội đến nhiệt độ xấp xỉ 150°C với tốc độ làm nguội từ khoảng $10^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $50^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Để thu được tốc độ làm nguội, đáy của khuôn quay được nhúng vào nước lạnh hoặc nước lạnh được tuần hoàn trong khuôn sử dụng bộ làm lạnh hoặc dạng tương tự.

Hợp kim hàn đã làm lạnh được dẫn hướng ra bên ngoài khuôn nhờ chi tiết dẫn hướng và được cắt để có độ dài định trước. Hợp kim hàn đã đến được chi tiết dẫn hướng được làm nguội đến nhiệt độ từ xấp xỉ 80°C đến 200°C . Trong hợp kim hàn theo sáng chế, vì hợp chất liên kim loại bên trong hợp kim hàn là mịn, nên có thể ngăn ngừa được sự đứt gãy xuất hiện trong quá trình tiếp xúc dẫn hướng hoặc dạng tương tự trong các trường hợp thông thường.

Hợp kim hàn sau khi cắt được vận chuyển dưới dạng thuốc hàn dạng thanh hoặc dạng tương tự. Hợp kim hàn theo sáng chế không bị nứt gãy do va chạm trong quá trình vận chuyển.

Ví dụ thực hiện sáng chế

(1) Chuẩn bị mẫu đánh giá

Để chứng minh hiệu quả của sáng chế, thuốc hàn dạng thanh được chuẩn bị và được đánh giá như sau. Các nguyên liệu thô được cân và cho vào lò nấu chảy và nóng chảy trong lò nấu chảy mà nhiệt độ lò được thiết đặt ở 450°C và sau đó thuốc hàn nóng chảy được rót vào các rãnh của khuôn quay, trong đó nước được tuần hoàn. Tốc độ làm nguội xấp xỉ là $30^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Bộ giao động siêu âm được lắp vào khuôn quay và sóng siêu âm có công suất 5W và 60kHz được áp dụng khi thuốc hàn nóng chảy được đúc.

Sau đó sản phẩm đúc liên tục được dẫn hướng từ khuôn quay ra bên ngoài khuôn quay. Sau đó, sản phẩm đúc liên tục được cắt để có độ dài thích hợp và các thuốc hàn dạng thanh được chuẩn bị có tổng chiều dài bằng 10m gồm có thuốc hàn dạng thanh có chiều rộng là 10mm và chiều dài là 300mm. Phương pháp đánh giá được mô tả dưới đây.

(2) Phương pháp đánh giá

(2-1) Tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại (Intermetallic compound, IMC)

Phần giữa theo chiều dọc (mặt cắt ngang) của thuốc hàn dạng thanh đã chuẩn bị được cắt và hình ảnh của hình ảnh hỗn hợp được chụp bằng kính hiển vi điện tử quét SEM (độ phóng đại: 250 lần). Hình ảnh thu được được phân tích để nhận dạng hợp chất liên kim loại. Vì hợp chất liên kim loại được biểu thị bằng màu ghi tối, nên hợp chất liên kim loại được xác định từ tông màu. Tỷ lệ diện tích của hợp chất liên kim loại biểu thị màu ghi tối với vùng hình ảnh được xác định là tỷ lệ diện tích. Tỷ lệ diện tích nhỏ hơn hoặc bằng 20% được ký hiệu là “○○”, tỷ lệ diện tích lớn hơn 20% và nhỏ hơn hoặc bằng 40% được ký hiệu là “○” và tỷ lệ diện tích lớn hơn 40% được ký hiệu là “×”. Miễn là phép đánh giá tỷ lệ diện tích là “○○” hoặc “○”, thì không có vấn đề gì trong thực tế. Trong quá trình đánh giá, diện tích của vùng hình ảnh được chụp ở độ phóng đại 250 lần có thể được giả định là diện tích mặt cắt ngang của hợp kim hàn, và tổng diện tích của phần màu ghi tối có thể được giả định là diện tích mặt cắt ngang của tất cả các hợp chất liên kim loại.

(2-2) Cỡ hạt lớn nhất

Trong số các hợp chất liên kim loại được nhận dạng từ hình ảnh thu được, hạt lớn nhất được chọn bằng mắt thường. Hai đường song song với nhau được vẽ đối với các hạt để tối đa hóa khoảng cách và khoảng cách được thiết đặt là cỡ hạt lớn nhất. Cỡ hạt lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng 100μm được ký hiệu là “○” và cỡ hạt lớn nhất lớn hơn 100μm được ký hiệu là “×”.

(2-3) Mỗi tương quan (1)

Giá trị thu được bằng cách nhân các kết quả thu được từ (2-1) và (2-2) nhỏ hơn hoặc bằng 3000 (μm·%) được ký hiệu là “○” và giá trị vượt quá 3000 (μm·%) được ký hiệu là “×”.

(2-4) Đứt gãy thuốc hàn dạng thanh

Liên quan đến sự đứt gãy thuốc hàn dạng thanh, thuốc hàn dạng thanh từ quy trình hóa rắn đến quy trình cắt được quan sát bằng mắt thường. Trường hợp không xuất hiện nứt mẻ, đứt gãy, cong vênh hoặc dạng tương tự trong thuốc hàn dạng thanh

được ký hiệu là “○” và trường hợp có xuất hiện nứt mẻ mới, đứt gãy, cong vênh nhẹ hoặc dạng tương tự được ký hiệu là “×”.

Giả sử rằng sự đứt gãy thuốc hàn dạng thanh ở nhiệt độ phòng xuất hiện trong quá trình vận chuyển, bằng cách sử dụng sáu bề mặt của thuốc hàn dạng thanh có chiều rộng là 10mm và chiều dài là 300mm làm các bề mặt đánh giá, thuốc hàn dạng thanh này được thả rơi tự do bằng tay từ độ cao 1m xuống bề mặt bê tông đối diện với mỗi bề mặt đánh giá quay xuống dưới (tổng cộng là sáu lần) và thuốc hàn dạng thanh sau khi thả rơi được quan sát bằng mắt thường. “Độ cao 1m” thể hiện độ cao của các bề mặt đánh giá của thuốc hàn dạng thanh so với bề mặt bê tông. Trong thử nghiệm thả rơi này, trường hợp không tạo ra nứt mẻ, đứt gãy mới hoặc dạng tương tự trong thuốc hàn dạng thanh được ký hiệu là “○” và trường hợp có tạo ra nứt mẻ, đứt gãy mới hoặc dạng tương tự được ký hiệu là “×”.

Các kết quả đánh giá được thể hiện dưới đây.

Bảng 1

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Rung nhờ siêu âm	Tỷ lệ diện tích của IMC (%)	Cỡ hạt lớn nhất	Mối tương quan (1)	Đứt gãy thuốc hàn dạng thanh (hóa rắn để cắt)	Đứt gãy thuốc hàn dạng thanh (nhiệt độ phòng)
	Sn	Cu	Ni	P	Ge	Ga	Các nguyên tố khác						
Ví dụ 1	Phần còn lại	0,8						Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 2	Phần còn lại	5						Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 3	Phần còn lại	7						Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 4	Phần còn lại	10						Áp dụng	0	0	0	0	0
Ví dụ 5	Phần còn lại	1	0,1					Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 6	Phần còn lại	5	0,03					Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 7	Phần còn lại	5	0,15					Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 8	Phần còn lại	5	0,4					Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 9	Phần còn lại	10	0,4					Áp dụng	0	0	0	0	0
Ví dụ 10	Phần còn lại	5	0,15	0,015				Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 11	Phần còn lại	5	0,15	0,03				Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 12	Phần còn lại	7	0,15	0,015	0,02			Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 13	Phần còn lại	7	0,15	0,015	0,3			Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 14	Phần còn lại	5	0,15	0,015				Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 15	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02		Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 16	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,15		Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 17	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,3		Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 18	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Bi:0,05	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 19	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	In:0,05	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 20	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Sb:0,05	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 21	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Zn:0,05	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 22	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Ag:0,05	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 23	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Mn:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 24	Phần còn lại	5	0,15	0,015		0,02	Cr:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
							Co:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0

Bảng 1 (tiếp theo)

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)								Rung nhờ siêu âm	Tỷ lệ diện tích của IMC (%)	Cỡ hạt lớn nhất	Mối tương quan (1)	Đứt gãy thuốc hàn dạng thanh (hóa rắn để cắt)	Đứt gãy thuốc hàn dạng thanh (nhiệt độ phòng)
	Sn	Cu	Ni	P	Ge	Ga	Các nguyên tố khác							
Ví dụ 25	Phần còn lại	5	0,15	0,015			0,02	Fe:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 26	Phần còn lại	5	0,15	0,015			0,02	Si:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 27	Phần còn lại	5	0,15	0,015			0,02	Al:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 28	Phần còn lại	5	0,15	0,015			0,02	Ti:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 29	Phần còn lại	5	0,15	0,015			0,02	Đất hiếm:0,01	Áp dụng	00	0	0	0	0
Ví dụ 30	Phần còn lại	10	0,4					Ag:5	Áp dụng	x	0	0	0	0
Ví dụ so sánh 1	Phần còn lại	15							Áp dụng	x	x	x	x	x
Ví dụ so sánh 2	Phần còn lại	15							Không áp dụng	x	x	x	x	x
Ví dụ so sánh 3	Phần còn lại	10	0,15						Không áp dụng	0	x	x	x	x
Ví dụ so sánh 4	Phần còn lại	5	0,4						Không áp dụng	0	x	x	x	0
Ví dụ so sánh 5	Phần còn lại	5	0,4	0,015					Không áp dụng	0	x	x	x	0
Ví dụ so sánh 6	Phần còn lại	7	0,4	0,015	0,02				Không áp dụng	0	x	x	x	x
Ví dụ so sánh 7	Phần còn lại	5	0,4	0,015			0,15		Không áp dụng	0	x	x	x	0
Ví dụ so sánh 8	Phần còn lại	10	0,4					Ag:5	Không áp dụng	x	x	x	x	x

Số gạch chân chỉ ra rằng giá trị nằm ngoài phạm vi của sáng chế.

Rõ ràng từ các kết quả của bảng 1, đã phát hiện ra rằng, theo ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ theo sáng chế, sản phẩm đúc có thể được đúc liên tục mà không có sự đứt gãy hoặc dạng tương tự của hợp kim hàn trong quá trình đúc liên tục. Ngoài ra, ngay cả trong thử nghiệm thả rơi sau khi làm nguội đến nhiệt độ phòng, không quan sát thấy có sự đứt gãy thuốc hàn dạng thanh.

Mặt khác, theo các ví dụ so sánh 1 và 2, vì hàm lượng Cu là quá lớn, nên hợp chất liên kim loại trở nên thô và sự đứt gãy thuốc hàn dạng thanh từ quá trình hóa rắn để cắt được xác nhận. Ngoài ra, nứt mẻ hoặc đứt gãy đã xuất hiện trong thử nghiệm thả rơi ở nhiệt độ phòng.

Theo các ví dụ so sánh 3 và 6, vì các sóng siêu âm không được tác dụng vào thuốc hàn nóng chảy được đúc trong khuôn, nên quan sát được sự đứt gãy từ quá trình hóa rắn để cắt và đã quan sát được nứt mẻ hoặc đứt gãy mới trong thử nghiệm thả rơi ở nhiệt độ phòng.

Theo các ví dụ so sánh 4, 5 và 7, vì các sóng siêu âm không được tác động vào thuốc hàn nóng chảy được đúc trong khuôn, nên đã quan sát được đứt gãy từ quá trình hóa rắn để cắt, nhưng đã không quan sát được nứt mẻ hoặc đứt gãy mới trong thử nghiệm thả rơi ở nhiệt độ phòng vì hàm lượng Cu tương đối nhỏ. Theo ví dụ so sánh 8, lượng kết tủa của hợp chất liên kim loại thô là lớn và đứt gãy thuốc hàn dạng thanh từ quá trình hóa rắn để cắt được xác nhận. Ngoài ra, nứt mẻ hoặc đứt gãy đã xuất hiện trong thử nghiệm thả rơi ở nhiệt độ phòng.

Ngoài ra, theo các ví dụ so sánh từ 1 đến 8, ngoài sự đứt gãy hoặc dạng tương tự, đã quan sát thấy xuất hiện các bavia và sự không đều của chiều dày trong một thuốc hàn dạng thanh và không sản xuất được thuốc hàn dạng thanh ổn định không có bavia và độ dày không đổi không giống như các ví dụ.

Các kết quả quan sát ảnh cắt ngang bằng SEM được thể hiện đối với các ví dụ và các ví dụ so sánh được thể hiện trong bảng 1.

Fig.1 là hình ảnh mặt cắt ngang của hợp kim hàn theo ví dụ 7. Rõ ràng từ hình ảnh này, thấy rằng cỡ hạt lớn nhất theo ví dụ 7, trong đó các sóng siêu âm được tác động là $58,50\mu\text{m}$, mà nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$. Ngoài ra, đã thấy rằng tỷ lệ diện tích theo ví dụ 7 là 15% và thỏa mãn mối tương quan (1).

Fig.2 là các hình ảnh mặt cắt ngang theo ví dụ 8 và ví dụ so sánh 4, Fig.2(a) là hình ảnh theo ví dụ 8 và Fig.2(b) là hình ảnh theo ví dụ so sánh 4. Fig.2 (a) và Fig.2(b) thể hiện sự thay đổi về cỡ hạt tùy thuộc vào việc sóng siêu âm có được tác động hay không.

Đã phát hiện ra rằng, theo ví dụ 8, cỡ hạt lớn nhất là $60,44\mu\text{m}$ và tỷ lệ diện tích là 18,6% và thỏa mãn mỗi tương quan (1). Theo các ví dụ từ 1 đến 7 và các ví dụ từ 9 đến 29, đã xác nhận là theo cùng cách mà cỡ hạt lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$ và đã thỏa mãn mỗi tương quan (1).

Mặt khác, đã phát hiện ra rằng, theo ví dụ so sánh 4, vì không có sóng siêu âm được tác động, nên cỡ hạt lớn nhất là $108,72\mu\text{m}$ vượt quá $100\mu\text{m}$ và hợp chất liên kim loại thô đã kết tủa. Ngoài ra, đã phát hiện ra rằng, theo ví dụ so sánh 4, tỷ lệ diện tích là 28,12% và đã không thỏa mãn mỗi tương quan (1). Tương tự, đã phát hiện ra rằng, theo các ví dụ so sánh khác, cỡ hạt lớn nhất lớn hơn $100\mu\text{m}$ và đã không thỏa mãn mỗi tương quan (1).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hợp kim hàn, có thành phần hợp kim bao gồm các nguyên tố sau, theo % khối lượng, Cu từ 0,8% đến 10% với phần còn lại là Sn và chứa hợp chất liên kim loại, trong đó hợp chất liên kim loại này có cỡ hạt lớn nhất nhỏ hơn hoặc bằng $100\mu\text{m}$ ở vùng cách bề mặt hợp kim hàn ít nhất là $50\mu\text{m}$.
2. Hợp kim hàn theo điểm 1, trong đó thành phần hợp kim này còn chứa Ni với lượng, theo % khối lượng, nhỏ hơn hoặc bằng 0,4%.
3. Hợp kim hàn theo điểm 2, trong đó hợp chất liên kim loại chủ yếu là $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$.
4. Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3, trong đó thành phần hợp kim còn chứa ít nhất một trong số các nguyên tố sau với lượng, tính theo % khối lượng, P nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%, Ge nhỏ hơn hoặc bằng 0,3% và Ga nhỏ hơn hoặc bằng 0,3%.
5. Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4, trong đó thành phần hợp kim còn chứa ít nhất một nguyên tố được chọn từ ít nhất một nhóm trong nhóm bao gồm ít nhất một trong số các nguyên tố Bi, In, Sb, Zn và Ag theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 5%, và nhóm bao gồm ít nhất một trong số các nguyên tố Mn, Cr, Co, Fe, Si, Al, Ti và các nguyên tố đất hiếm theo tổng lượng nhỏ hơn hoặc bằng 1%.
6. Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5, trong đó mỗi tương quan (1) sau đây được thỏa mãn:

$$\text{cỡ hạt lớn nhất } (\mu\text{m}) \times \text{tỷ lệ diện tích } (\%) \text{ của hợp chất liên kim loại trong hợp kim hàn} \leq 3000 (\mu\text{m} \cdot \%) \dots (1).$$

FIG. 1

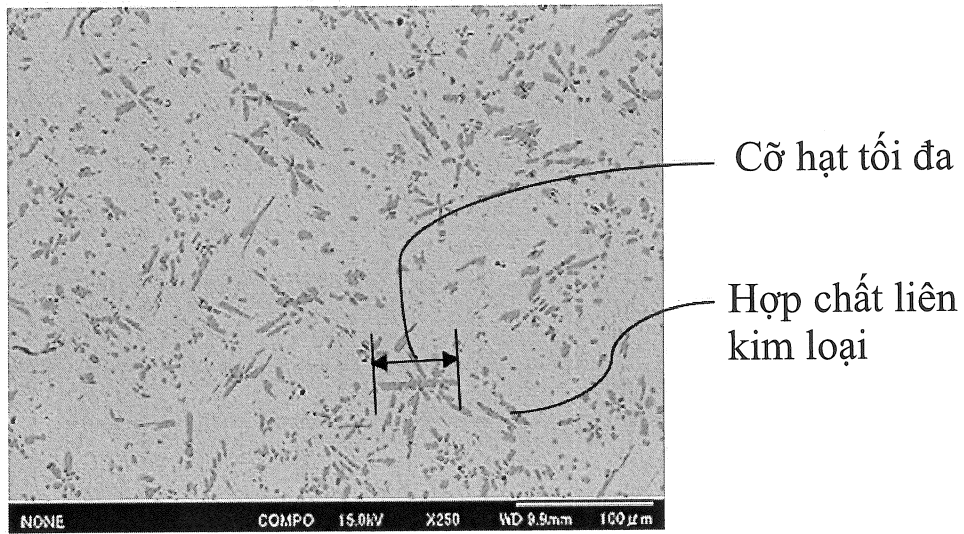
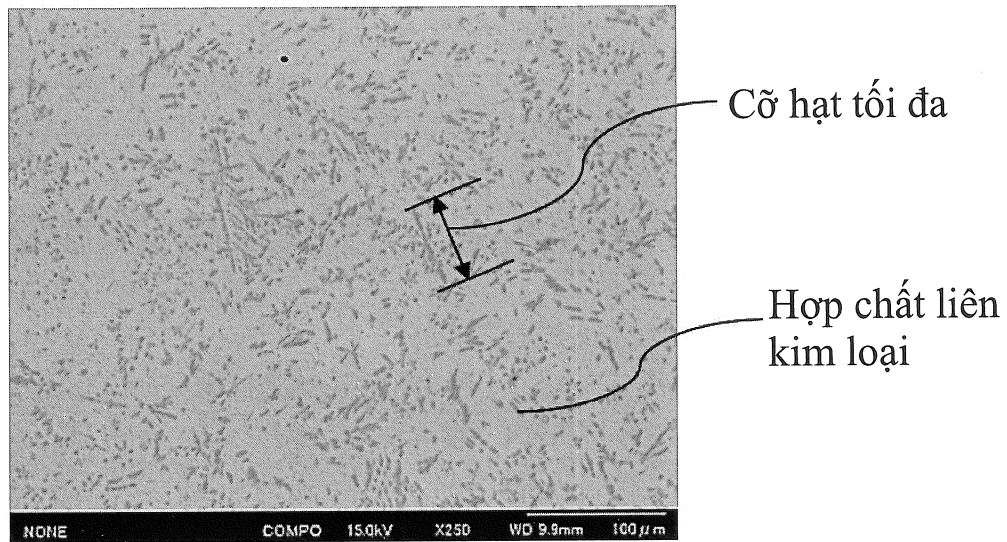
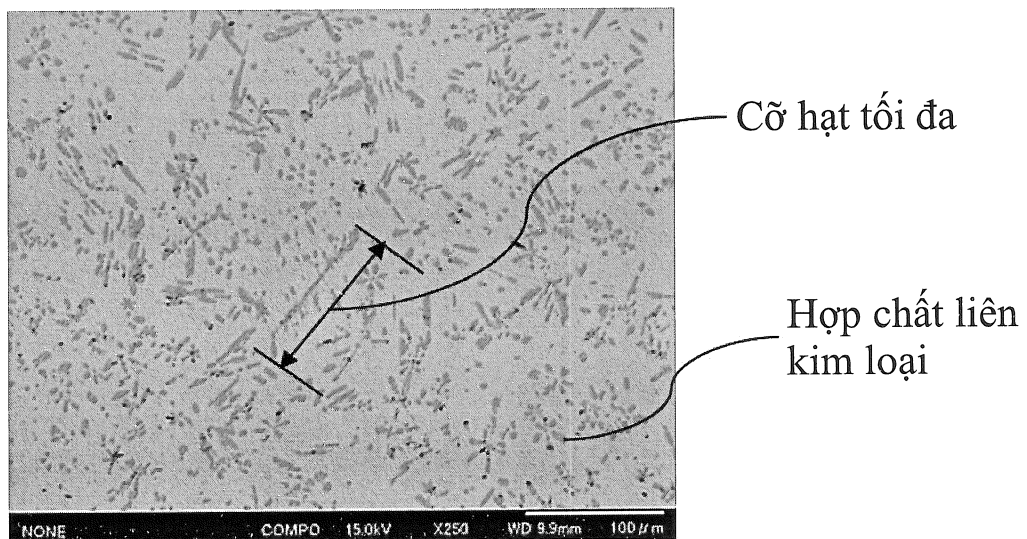


FIG. 2



(a)



(b)