



(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)



1-0047473

(51)^{2021.01} C22C 13/00; C22C 13/02; B23K 35/26 (13) B

(21) 1-2022-05154

(22) 08/02/2021

(86) PCT/JP2021/004571 08/02/2021

(87) WO 2021/161954 19/08/2021

(30) 2020-023277 14/02/2020 JP

(45) 25/06/2025 447

(43) 25/11/2022 416A

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

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

(72) IIJIMA Yuuki (JP); YOSHIKAWA Shunsaku (JP); SAITO Takashi (JP); DEI Kanta (JP); MATSUFUJI Takahiro (JP).

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

(54) HỢP KIM HÀN KHÔNG CHỨA CHÌ VÀ ANTIMON, BI HÀN VÀ MỎI HÀN

(21) 1-2022-05154

(57) Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bi hàn, và mối hàn trong đó các hạt tinh thể ở giao diện nối được micrô hóa, nhờ đó nâng cao độ bền cắt và có thể ngăn chặn lỗi dung hợp. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim chứa, tính theo % khối lượng, Ag: 0,1 – 4,5%, Cu: 0,20 – 0,85%, Bi: 0,2 – 5,00%, Ni: 0,005 – 0,09%, và Ge: 0,0005 – 0,0090% và phần còn lại là Sn. Thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) sau đây. Hệ thức (1): $0,013 \leq (Ag + Cu + Ni + Bi) \times Ge \leq 0,027$ hệ thức (2): $Sn \times Cu \times Ni \leq 5,0$, Trong các hệ thức (1) và (2), Ag, Cu, Ni, Bi, Ge, và Sn thể hiện các hàm lượng nguyên tố (% khối lượng) đối với các nguyên tố tương ứng của thành phần hợp kim.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bi hàn, và mối hàn.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Trong những năm gần đây, các thiết bị điện tử được yêu cầu phải có sự tích hợp cao hơn, dung lượng lớn hơn, và tốc độ cao hơn. Ví dụ, gói bán dẫn chẳng hạn như QFP (Quad Flat Package - gói phẳng vuông) được sử dụng, và sự tích hợp cao và chức năng cao ở mức chip bán dẫn đang được theo đuổi. Trong sản xuất QFP, quy trình đóng gói liên kết khuôn chip silic được cắt từ lát silic đến khung dây dẫn được sử dụng.

Trong QFP, thu được bằng cách liên kết các vi điện cực chẳng hạn như BGA (Ball Grid Array - mảng lưới bi hàn), mối hàn được tạo nên bởi liên kết khuôn chip silic và khung dây dẫn với hợp kim hàn. Kim loại nền, ví dụ, có lớp Ni là lớp ngoài cùng được tạo nên trên chip silic, để nâng cao khả năng thấm ướt với mối hàn và nâng cao độ bền kết dính. Tuy nhiên, khi lớp Ni là lớp ngoài cùng tiếp xúc với chất hàn nóng chảy, lớp Ni nóng chảy vào chất hàn nóng chảy và hiện tượng rửa trôi Ni xảy ra. Ở đây, lớp chắn chẳng hạn như Ti thường được tạo nên trên kim loại nền để ngăn Ni khỏi khuếch tán vào chip silic. Khi hiện tượng rửa trôi Ni diễn ra và lớp Ti bị lộ ra, kim loại nền đẩy chất hàn nóng chảy mà không làm ướt, bởi khả năng thấm ướt của hợp kim hàn đối với Ti là rất thấp. Hơn nữa, ngay cả khi một ít lớp Ni vẫn còn, các nguyên tử Ni khuếch tán vào chất hàn nóng chảy và Ti khó khuếch tán vào Ni. Do đó, số lượng khoảng trống tăng lên ở mức nguyên tử ở mặt phân cách giữa lớp Ti làm lớp chắn và lớp Ni, và độ bền kết dính ở mặt phân cách giữa lớp Ni còn lại và lớp Ti cực kỳ giảm. Kết quả là, phần được liên kết sau khi liên kết khuôn có thể kém hơn về độ bền chống va đập và độ bền chu trình nhiệt. Do đó, việc giữ lại lớp Ni của kim loại nền là cực kỳ quan trọng trong liên kết khuôn.

Ngoài ra, trong vi điện cực chẳng hạn như BGA, các bướu hàn được tạo nên bằng cách sử dụng các bi hàn. Khi các bi hàn được sử dụng, chất trợ hàn kết dính được áp dụng cho vi điện cực và các bi hàn được đặt trên điện cực được phủ bằng chất trợ hàn. Sau đó, các bi hàn được làm nóng chảy bằng cách gia nhiệt trong lò hồi lưu, và chất hàn

nóng chảy làm ướt vi điện cực, sao cho các bướu hàn được tạo nên trên các vi điện cực. Do đó, khi các bi hàn được sử dụng, khả năng thấm ướt với điện cực được yêu cầu.

Thông thường, các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu đã được sử dụng rộng rãi, và được sử dụng theo dạng các bi hàn cũng như cho liên kết khuôn. Tuy nhiên, khi hợp kim hàn này được sử dụng, có thể cần phải nâng cao độ bền chu trình nhiệt, độ bền chống va đập, và độ bền chống phai màu trong số các yêu cầu khác nhau trong những năm gần đây. Do đó, để nâng cao các đặc tính này, các nghiên cứu khác nhau đã được thực hiện đối với các hợp kim hàn Sn-Ag-Cu mà đã được sử dụng rộng rãi thông thường.

Ví dụ, tài liệu sáng chế 1 bộc lộ hợp kim hàn Sn-Ag-Cu chứa Ni là nguyên tố tùy ý cũng như Ge và tương tự làm nguyên tố thiết yếu có chọn lọc. Tài liệu này cũng bộc lộ rằng hợp kim hàn này thể hiện độ bền chu trình nhiệt khi hợp kim hàn này chứa Ni, và thể hiện độ bền chống va đập và/hoặc độ bền chống phai màu khi hợp kim hàn này chứa Ge.

Danh mục tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1: Patent Nhật Bản số 4144415 B2

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề cần được giải quyết bởi sáng chế

Như được mô tả ở trên, hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 là hợp kim vượt trội mà có thể đạt được đồng thời ba loại hiệu quả, tức là độ bền chống va đập, độ bền chống phai màu, và độ bền chu trình nhiệt. Tuy nhiên, vẫn có chỗ để cải thiện hơn nữa đối với thiết kế hợp kim.

Mặc dù mỗi nguyên tố có ý nghĩa cụ thể của nó để được bổ sung vào hợp kim hàn, vì hợp kim hàn là đối tượng tích hợp được tạo nên bởi sự kết hợp của tất cả các nguyên tố cấu thành và các nguyên tố cấu thành này ảnh hưởng lẫn nhau, các nguyên tố cấu thành cần được chứa theo cách cân bằng tốt về tổng thể. Đối với hợp kim hàn như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, dường như các hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành được tối ưu hóa riêng biệt, và đủ để thu được các hiệu quả như được mô tả trong tài liệu sáng chế 1 ở thời điểm nộp tài liệu sáng chế 1. Tuy nhiên, để làm cho hợp kim

hàn chứa các nguyên tố cấu thành giống nhau được làm thích ứng với các nhu cầu gần đây, cần phải tối ưu hóa riêng biệt hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành sao cho mỗi đặc tính có thể được cải thiện đồng thời, và ngoài ra, các nguyên tố cấu thành cần được chứa theo cách cân bằng tốt.

Theo sáng chế được mô tả trong tài liệu sáng chế 1, thiết kế hợp kim được tiến hành trên giả định rằng bi hàn được đặt trên vi điện cực chẳng hạn như BGA. Ngoài ra, ngay cả khi hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 được sử dụng cho liên kết khuôn với diện tích liên kết lớn, thì sự nứt gãy do ứng suất ngoài không thể được bỏ qua. Do đó, khi việc hàn được thực hiện bằng cách sử dụng hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge, sự cải thiện về độ bền cắt được yêu cầu. Ngoài ra, kem hàn được áp dụng cho điện cực trên nền và bi hàn trên BGA có thể không bị trộn lẫn trong quá trình làm nóng chảy, do đó lỗi dung hợp có thể xuất hiện trong đó ranh giới giữa kem hàn và bi hàn vẫn còn. Đây là khiếm khuyết liên kết nghiêm trọng và do đó phải được loại bỏ.

Như được mô tả ở trên, gần đây, do sự tích hợp cao hơn, dung lượng lớn hơn, và tốc độ cao hơn của các thiết bị điện tử, hợp kim hàn có thể được áp dụng không chỉ cho BGA mà còn được áp dụng cho liên kết khuôn được sử dụng trong QFP đã được yêu cầu.

Mục đích của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn không chứa chì và antimon, bi hàn, và mối hàn mà đã cải thiện độ bền cắt thu được bởi độ nhỏ hạt ở mặt phân cách liên kết và có thể loại bỏ lỗi dung hợp.

Phương tiện giải quyết vấn đề

Hợp kim hàn bao gồm hai hoặc nhiều loại nguyên tố, và hiệu quả của các loại nguyên tố này có thể ảnh hưởng riêng biệt đến các đặc tính của toàn bộ hợp kim hàn. Tuy nhiên, như được mô tả ở trên, bởi tất cả các nguyên tố cấu thành cấu thành đối tượng tích hợp, nên các nguyên tố cấu thành có quan hệ với nhau. Các tác giả sáng chế đã tập trung vào thiết kế hợp kim nhờ đó độ bền cắt được cải thiện và lỗi dung hợp được loại bỏ sao cho thiết kế hợp kim có thể được áp dụng không chỉ cho BGA mà còn được áp dụng cho QFP ngay cả cho các nguyên tố cấu thành giống như hợp kim hàn theo tài liệu sáng chế 1. Cụ thể là, khi xem xét lại tầm quan trọng của việc bổ sung mỗi nguyên tố cấu thành, các tác giả sáng chế đã tiến hành tìm kiếm chi tiết thành phần xét đến sự cân bằng của mỗi nguyên tố cấu thành.

Ngoài ra, thông thường, trong trường hợp trong đó Pb được sử dụng cho nền và sau đó được đắp đất, mưa axit có thể khiến Pb rửa giải và chảy vào nước ngầm. Sau đó, nó có thể ảnh hưởng đến cơ thể con người bằng cách tích tụ vào vật nuôi và con người từ nước ngầm. Do đó, Pb được chỉ định là chất điều chỉnh bởi chỉ thị RoHS. Ngoài ra, trong những năm gần đây, vì lý do môi trường và sức khỏe, ngày càng có nhiều nhu cầu về việc tránh sử dụng không chỉ Pb mà cả Sb mà có thể nâng cao các đặc tính chu trình nhiệt của các hợp kim hàn gốc Sn. Do đó, các thành phần hợp kim đã được nghiên cứu để đạt được các đặc tính mong muốn trong điều kiện không chứa chì và antimon.

Đầu tiên, các tác giả sáng chế đã tiến hành nghiên cứu đối với lỗi dung hợp mà không nên xuất hiện trong quy trình hàn. Sự xuất hiện của lỗi dung hợp được cho là do trạng thái của bi hàn ở phía của BGA và kem hàn ở phía của nền. Nếu màng oxit Sn dày được tạo nên trên ở ít nhất một trong số bi hàn và kem hàn, các hợp kim hàn của chúng sẽ ít hòa lẫn với lẫn nhau trong quá trình làm nóng chảy, và ranh giới giữa bi hàn và kem hàn nhờ đó được tạo nên sau khi làm mát. Một cách để loại bỏ màng oxit trên mỗi bề mặt có thể là sử dụng chất trợ hàn. Tuy nhiên, ngay cả khi chất trợ hàn được sử dụng, rất khó để loại bỏ hoàn toàn màng oxit, và khả năng thấm ướt suy giảm do màng oxit còn lại.

Tuy nhiên, ngay cả khi kem hàn chứa chất trợ hàn, rất khó để loại bỏ màng oxit và nâng cao khả năng thấm ướt. Ngoài ra, vì thể tích của bi hàn lớn hơn nhiều lần so với thể tích của bột hàn được sử dụng cho kem hàn, nên hợp lý hơn để giải quyết lỗi dung hợp ở phía của bi hàn so với ở phía của kem hàn.

Nghiên cứu được tiến hành để ngăn sự xuất hiện của lỗi dung hợp trong thành phần hợp kim ở phía của bi hàn. Trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Bi-Ni-Ge, để loại bỏ sự tạo thành màng oxit Sn trên bề mặt của nó, cần phải điều chỉnh thích hợp hàm lượng Ge đến dải tối ưu. Ge phổ biến như là nguyên tố mà kết hợp oxy trong khí quyển để tạo nên oxit germani. Oxit germani được tạo nên dưới dạng màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Tuy nhiên, màng oxit này dễ dàng bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính chất hàn nóng chảy và cũng bởi áp suất bên ngoài tác dụng lên chất hàn nóng chảy ở thời điểm khi chip được đặt trên chất hàn nóng chảy. Do đó, sự dung hợp của bi hàn và bột hàn trong kem hàn sẽ không bị xáo trộn. Ngoài ra, nếu tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni là thích hợp, thì ΔT nằm trong dải thích hợp. Ngoài ra, bột hàn dùng

cho kem hàn được làm nóng chảy với bi hàn trên BGA bằng cách điều chỉnh độ nhót của chất hàn nóng chảy.

Xét về những điều này, nghiên cứu chi tiết đã được tiến hành trên thực tế là sự dung hợp được cho là do sự cân bằng giữa tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni và hàm lượng Ge trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu- Bi-Ni-Ge. Kết quả là, đã tìm ra rằng lỗi dung hợp không xuất hiện khi các sự cân bằng này nằm trong dải định trước.

Các tác giả sáng chế cũng đã nghiên cứu độ nhỏ của các hợp chất liên kim loại được tạo nên ở mặt phân cách liên kết để ngăn chặn sự xuất hiện của lỗi dung hợp và để nâng cao cường độ liên kết của mối hàn. Để tạo nên hợp chất của Cu và Sn được tạo nên ở mặt phân cách liên kết, tỷ lệ hàm lượng của Cu và Sn cần phải nằm trong dải định trước. Ngoài ra, trong hợp chất của Cu và Sn, độ nhỏ của hợp chất đạt được bằng cách thay thế một phần của Cu bằng Ni. Ngoài ra, vì nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn dao động lớn phụ thuộc vào các hàm lượng của Cu và Ni, độ nhót trong quá trình làm nóng chảy được kiểm soát theo cách mà ΔT không trở nên quá lớn, và nghiên cứu được tiến hành để ngăn sự phát triển của hợp chất Sn. Kết quả là, cũng tìm ra rằng trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Bi-Ni-Ge, ΔT được kiểm soát để tạo ra các hợp chất liên kim loại được tạo nên ở mặt phân cách liên kết nhỏ bằng cách chứa các hàm lượng Sn, Cu, và Ni theo cách cân bằng tốt, sao cho độ bền cắt được cải thiện.

Theo kết quả của nghiên cứu đã tiến hành tập trung vào những điều trên, đã tìm ra rằng hiện tượng rửa trôi Ni được loại bỏ bằng cách bổ sung Bi vào hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Ni-Ge. Sau đó, đã tìm ra rằng tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni và hàm lượng Ge có thể thỏa mãn việc loại bỏ lỗi dung hợp ở cùng thời điểm bằng cách thỏa mãn mối quan hệ quy định, như được mô tả ở trên. Ngoài ra, cũng tìm ra rằng nếu Sn, Cu, và Ni được trộn theo cách cân bằng tốt, độ bền cắt được cải thiện.

Sáng chế thu được từ các phát hiện này là như sau.

(1) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, tính theo % khối lượng: Ag: 0,1 đến 4,5%, Cu: 0,20 đến 0,85%, Bi: 0,2 đến 5,00%, Ni: 0,005 đến 0,09%, và Ge: 0,0005 đến 0,0090% và phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) sau đây:

$$0,013 \leq (\text{Ag} + \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Bi}) \times \text{Ge} \leq 0,027 \quad \text{Hệ thức (1)}$$

$$\text{Sn} \times \text{Cu} \times \text{Ni} \leq 5,0$$

Hệ thức (2)

trong đó Ag, Cu, Ni, Bi, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) đều thể hiện các hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(2) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (1) nêu trên, trong đó, tính theo % khối lượng, thành phần hợp kim chứa Ge: 0,0005 đến 0,0045%.

(3) Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục (1) hoặc (2) nêu trên, trong đó thành phần hợp kim chứa một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb đều có giới hạn trên là 0,01% tính theo % khối lượng.

(4) Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên.

(5) Bi hàn theo mục (4) nêu trên, trong đó bi hàn này có đường kính hạt trung bình từ 1 đến 1000 μm .

(6) Bi hàn theo mục (4) hoặc (5) nêu trên, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,95 hoặc lớn hơn.

(7) Bi hàn theo mục (4) hoặc (5) nêu trên, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,99 hoặc lớn hơn.

(8) Màng lưới bi hàn được tạo nên sử dụng bi hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (4) đến (7) nêu trên.

(9) Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) nêu trên.

Mô tả chi tiết sáng chế

Sáng chế được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Trong phần mô tả của sáng chế, "%" liên quan đến thành phần hợp kim hàn đề cập đến "% khối lượng" trừ khi được định rõ theo cách khác.

1. Thành phần hợp kim

(1) Ag: 0,1 đến 4,5%

Ag là nguyên tố nâng cao độ bền của hợp kim hàn bằng cách làm kết tủa nhỏ

Ag_3Sn ở các ranh giới hạt. Nếu hàm lượng Ag nhỏ hơn 0,1%, hiệu quả bổ sung Ag không được thể hiện đầy đủ. Tính theo giới hạn dưới, hàm lượng Ag là 0,1% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,5% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1,0% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 2,0% hoặc lớn hơn, đặc biệt tốt hơn là 2,8% hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 3,0% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ag quá lớn, Ag_3Sn thô bị kết tủa, do đó độ bền suy giảm. Tính theo giới hạn trên, hàm lượng Ag là 4,5% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 4,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 3,8% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 3,5% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 3,2% hoặc nhỏ hơn.

(2) Cu: 0,20 đến 0,85%

Cu là nguyên tố có thể loại bỏ sự rửa trôi Cu và cho phép tăng cường sự kết tủa bằng Cu_6Sn_5 . Nếu hàm lượng Cu nhỏ hơn 0,20%, vì lượng kết tủa của Cu_6Sn_5 là nhỏ và hợp chất SnNi giòn bị kết tủa, nên chính hợp kim hàn trở nên giòn. Tính theo giới hạn dưới, hàm lượng Cu là 0,20% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,3% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,4% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,5% hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,6% hoặc lớn hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,7% hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,75% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Cu lớn hơn 0,85%, nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn là cao và hợp kim hàn khó nóng chảy. Tính theo giới hạn trên, hàm lượng Cu là 0,85% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,80% hoặc nhỏ hơn.

(3) Bi: 0,2 đến 5,00%

Bi là nguyên tố thiết yếu trong hợp kim hàn theo sáng chế bởi các đặc tính cơ học tối ưu có thể thu được cho việc tạo nên bi hàn được sử dụng làm BGA bằng cách bổ sung lượng Bi định trước. Bi nâng cao các đặc tính cơ học bằng cách tăng cường dung dịch-rắn, và khả năng chống rão và khả năng thấm ướt có thể cũng được cải thiện. Ngoài ra, bởi vì Bi tan trong Sn, cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu},\text{Ni})_6\text{Sn}_5$ bị biến dạng, và bằng cách cùng tồn tại với Ge, hiện tượng rửa trôi Ni có thể cũng được loại bỏ. Bi cần được chứa ở 0,2% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,3% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,5% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1,0% hoặc lớn hơn, đặc biệt tốt hơn là 1,4% hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 1,5% hoặc lớn hơn.

Mặt khác, nếu Bi được bổ sung quá mức, khả năng chống rơi có thể suy giảm. Ngoài ra, bởi vì nhiệt độ pha rắn bị hạ xuống trong khi nhiệt độ pha lỏng khó thay đổi, ΔT , mà được xác định là sự chênh lệch giữa nhiệt độ pha lỏng và nhiệt độ pha rắn, trở

nên lớn. Nếu ΔT trở nên lớn, sự phân đoạn sẽ xuất hiện trong khi hóa cứng, dẫn đến sự suy giảm của các đặc tính cơ học chẳng hạn như độ bền cơ học. Do đó, tính theo giới hạn trên, hàm lượng Bi là 5,00% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 4,0% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 3,5% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 3,0% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 2,5% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 2,0% hoặc nhỏ hơn.

(4) Ni: 0,005 đến 0,090%

Ni là nguyên tố có thể kiểm soát nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn và loại bỏ hiện tượng rửa trôi Ni tương tự như Cu. Nếu hàm lượng nhỏ Ni hơn 0,005%, hiệu quả bổ sung Ni khó thể hiện. Tính theo giới hạn dưới, hàm lượng Ni là 0,005% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,01% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,02% hoặc lớn hơn, 0,03% hoặc lớn hơn, và đặc biệt tốt hơn là 0,04% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ni lớn hơn 0,090%, nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn là cao và hợp kim hàn khó nóng chảy. Tính theo giới hạn trên, hàm lượng Ni là 0,090% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,080% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,070% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,068% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,060% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 0,050% hoặc nhỏ hơn.

(5) Ge: 0,0005 đến 0,0090%

Ge là nguyên tố có thể loại bỏ lỗi dung hợp và hiện tượng rửa trôi Ni. Khi Ge không được chứa, oxit thiếc được tạo nên trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Oxit thiếc bền và khó vỡ. Mặt khác, Ge được bổ sung vào hợp kim hàn phản ứng với O trong khí quyển để tạo nên màng oxit cứng và giòn trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Bởi vì màng oxit này giòn, nên nó dễ dàng bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính chất hàn nóng chảy hoặc ngoại lực tác động từ chip ở thời điểm khi chip được đặt. Do đó, việc tạo thành màng oxit của Sn bị ức chế, và màng oxit không được giữ lại trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Trái ngược với màng oxit của Sn, sự dung hợp của bi hàn và bột hàn trong kem hàn được thúc đẩy.

Ngoài ra, Ge là nguyên tố có thể được hòa tan trong Ni của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo nên ở mặt phân cách liên kết để ngăn hiện tượng rửa trôi Ni. Bởi vì $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được tạo nên ở mặt phân cách liên kết, cấu trúc tinh thể của hợp chất này bị biến dạng bởi Ge, sao cho sự di chuyển của Ni trong hợp chất được loại bỏ và sự di chuyển của Ni đến hợp kim hàn bị ức chế. Khi Ge không được chứa, cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu,Ni})_6\text{Sn}_5$ được duy trì trong trạng thái thẳng hàng, thì Ni ở mặt phân cách liên kết khuếch tán vào hợp kim

hàn, và hiện tượng rửa trôi Ni xảy ra.

Khi hàm lượng Ge nhỏ hơn 0,0005%, oxit thiếc được tạo ra, cấu trúc tinh thể của $(\text{Cu}, \text{Ni})_6\text{Sn}_5$ không bị biến dạng, và hiệu quả nêu trên khó được thể hiện. Tính theo giới hạn dưới, hàm lượng Ge là 0,0005% hoặc lớn hơn, tốt hơn là 0,0020% hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,0030% hoặc lớn hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 0,0035% hoặc lớn hơn. Mặt khác, nếu hàm lượng Ge quá lớn, nhiệt độ pha lỏng là cao và khó nóng chảy. Tính theo giới hạn trên, hàm lượng Ge là 0,0090% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 0,0080% hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,0060% hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,0050% hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,0045% hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 0,0040% hoặc nhỏ hơn.

(6) Bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb đều có giới hạn trên là 0,01%

Hợp kim hàn theo sáng chế có thể bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb, đều có giới hạn trên là 0,01% là nguyên tố tùy ý. Các nguyên tố này có thể nâng cao các đặc tính cơ học.

(7) Phần còn lại: Sn

Phần còn lại của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Ngoài các nguyên tố nêu trên, các tạp chất không tránh khỏi có thể được chứa. Ngay cả khi các tạp chất không tránh khỏi được chứa, nó cũng không ảnh hưởng tới các hiệu quả nêu trên. Các ví dụ cụ thể về các tạp chất không tránh khỏi bao gồm As và Cd. Ngoài ra, mặc dù sáng chế không có chì và antimon, nhưng sáng chế không loại trừ việc bao gồm Pb và Sb là các tạp chất không tránh khỏi. Nếu In được chứa, khả năng thấm ướt suy giảm, và tốt hơn là không chứa In. Ngoài ra, Mn không cần phải được chứa bởi vì nó bị oxi hóa trong quá trình sản xuất hợp kim hàn và khó tạo ra hợp kim hàn.

(8) Hệ thức (1)

Sáng chế thỏa mãn hệ thức (1) sau đây:

$$0,004 < (\text{Ag} + \text{Cu} + \text{Ni} + \text{Bi}) \times \text{Ge} < 0,032 \quad \text{Hệ thức (1)}$$

Trong hệ thức (1) nêu trên, Ag, Cu, Ni, Bi, và Ge đều thể hiện các hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Nếu hệ thức (1) được thỏa mãn, thì lõi dung hợp được loại bỏ. Trong hợp kim

hàn Sn-Ag-Cu-Bi-Ni-Ge, như được mô tả ở trên, Ge kết hợp với oxy trong khí quyển để tạo nên oxit germani cứng và giòn. Màng oxit này dễ dàng bị phá hủy bởi sự đối lưu của chính chất hàn nóng chảy và cũng bởi áp suất bên ngoài tác dụng lên chất hàn nóng chảy ở thời điểm khi chip được đặt trên chất hàn nóng chảy. Do đó, việc tạo thành màng oxit của Sn bị ức chế, và màng oxit không được giữ lại trên bề mặt của chất hàn nóng chảy. Trái ngược với màng oxit của Sn, sự dung hợp của bi hàn và bột hàn trong kem hàn được thúc đẩy. Ngoài ra, nếu tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni quá lớn, thì ΔT tăng lên. Ngoài ra, nếu độ nhớt của chất hàn nóng chảy quá cao, thì sự dung hợp của bột hàn dùng cho kem hàn và bi hàn trên BGA bị suy yếu. Mặt khác, nếu tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni là nhỏ, lỗi dung hợp xảy ra bởi hàm lượng Ge trở nên tương đối lớn và oxit Ge cứng và giòn sẽ được tạo nên dày.

Xét về những điều này, nghiên cứu chi tiết đã được tiến hành trên thực tế là sự dung hợp được cho là do sự cân bằng giữa tổng hàm lượng của Ag, Cu, Bi, và Ni và hàm lượng Ge trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Bi-Ni-Ge. Kết quả là, đã tìm ra rằng lỗi dung hợp không xuất hiện khi các sự cân bằng này nằm trong dải định trước.

Tính theo giới hạn dưới, hệ thức (1) cần phải lớn hơn 0,004 và tốt hơn là 0,013 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,015 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,018 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,019 hoặc lớn hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,020 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,021 hoặc lớn hơn. Tính theo giới hạn trên, hệ thức (1) cần phải nhỏ hơn 0,032 và tốt hơn là 0,031 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 0,030 hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,029 hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 0,027 hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 0,026 hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 0,025 hoặc nhỏ hơn, và có thể là 0,024 hoặc nhỏ hơn và 0,023 hoặc nhỏ hơn.

(9) Hệ thức (2)

Sáng chế thỏa mãn hệ thức (2) sau đây:

$$\text{Sn} \times \text{Cu} \times \text{Ni} \leq 5,0 \quad \text{Hệ thức (2)}$$

Trong hệ thức (2) nêu trên, Sn, Cu, và Ni đều thể hiện các hàm lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Đối với hợp kim hàn theo sáng chế, trong hợp chất của Cu và Sn, độ nhỏ của hợp chất đạt được bằng cách thay thế một phần của Cu bằng Ni để nâng cao cường độ liên

kết của các mối hàn. Ngoài ra, nếu các nguyên tố này được trộn theo cách cân bằng tốt, độ nhót trong quá trình làm nóng chảy được kiểm soát theo cách mà ΔT không trở nên quá lớn, sao cho sự phát triển của hợp chất Sn có thể được loại bỏ. Kết quả là, giả thiết rằng trong hợp kim hàn Sn-Ag-Cu-Bi-Ni-Ge, ΔT được kiểm soát để tạo ra các hợp chất liên kim loại được tạo nên ở mặt phân cách liên kết nhỏ bằng cách chứa các hàm lượng Sn, Cu, và Ni theo cách cân bằng tốt, sao cho độ bền cắt được cải thiện.

Tính theo giới hạn trên, hệ thức (2) là 5,0 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn là 4,9 hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 4,5 hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 4,0 hoặc nhỏ hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 3,8 hoặc nhỏ hơn, đặc biệt tốt hơn là 3,7 hoặc nhỏ hơn, và tốt nhất là 3,6 hoặc nhỏ hơn, và có thể là 3,3 hoặc nhỏ hơn và 3,2 hoặc nhỏ hơn. Tính theo giới hạn dưới, hệ thức (2) không bị giới hạn cụ thể, nhưng xét về việc loại bỏ hiện tượng rửa trôi Ni và cải thiện đủ độ bền cắt, hệ thức (2) tốt hơn là 0,7 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 1,0 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 1,3 hoặc lớn hơn, thậm chí tốt hơn nữa là 1,4 hoặc lớn hơn, đặc biệt tốt hơn là 1,5 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 1,6 hoặc lớn hơn, và có thể là 2,3 hoặc lớn hơn và 2,9 hoặc lớn hơn.

Do đó, hợp kim hàn theo sáng chế cần phải thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) để đạt được cả việc loại bỏ lỗi dung hợp và cải thiện độ bền cắt. Kết quả là, hiện tượng rửa trôi Ni có thể cũng được loại bỏ.

(10) ΔT

Tốt hơn là ΔT của hợp kim hàn theo sáng chế nằm trong dải định trước bởi vùng cùng tồn tại rắn-lỏng là hẹp, và ví dụ, việc tăng độ nhót của chất hàn nóng chảy có thể được loại bỏ. Dải của ΔT tốt hơn là 100°C hoặc nhỏ hơn, tốt hơn nữa là 70°C hoặc nhỏ hơn, và thậm chí tốt hơn nữa là 40°C hoặc nhỏ hơn.

3. Bi hàn

Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo sáng chế phù hợp nhất cho việc tạo nên các bi hàn được sử dụng cho BGA. Độ cầu của bi hàn tốt hơn là 0,90 hoặc lớn hơn, tốt hơn nữa là 0,95 hoặc lớn hơn, và tốt nhất là 0,99 hoặc lớn hơn. Độ cầu được xác định bởi các phương pháp khác nhau chẳng hạn như phương pháp đường tròn bình phương tối thiểu (Least Squares Circle Method - phương pháp LSC), phương pháp đường tròn vùng tối thiểu (Minimum Zone Circle Method - phương pháp MZC), phương pháp

đường tròn nội tiếp tối đa (Maximum Inscribed Circle Method - phương pháp MIC), và phương pháp đường tròn ngoại tiếp tối thiểu (Minimum Circumscribed Circle Method - phương pháp MMC). Trong sáng chế, độ cầu của bi hàn được đo sử dụng hệ thống đo ảnh CNC (thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO được sản xuất bởi Mitutoyo Corporation) sử dụng phương pháp đường tròn vùng tối thiểu (phương pháp MZC). Trong sáng chế, độ cầu thể hiện độ lệch với hình cầu thực, và ví dụ, độ cầu là giá trị trung bình số học được tính toán khi đường kính của mỗi trong số 500 bi được chia bởi trục chính. Càng gần với giá trị của độ cầu là giới hạn trên 1,00, thì càng gần với hình cầu thực.

Các bi hàn theo sáng chế được sử dụng để tạo nên các bướu trên các điện cực và các nền của các gói bán dẫn chẳng hạn như BGA (mảng lưới bi hàn). Đường kính của bi hàn theo sáng chế tốt hơn là trong dải từ 1 đến 1000 μm và tốt hơn nữa là 50 μm hoặc lớn hơn đến 300 μm . Bi hàn có thể được sản xuất bởi phương pháp sản xuất bi hàn nói chung. Đường kính theo sáng chế có nghĩa là đường kính được đo bởi thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO được sản xuất bởi Mitutoyo Corporation.

4. Mối hàn

Mối hàn theo sáng chế phù hợp cho việc nối giữa chip IC dùng cho gói bán dẫn và nền của nó (đặt xen giữa), hoặc để nối giữa gói bán dẫn và bảng nối dây in. Ở đây, thuật ngữ "mối hàn" theo sáng chế được xác định là phần nối giữa chip IC và nền, mà được nối sử dụng hợp kim hàn nêu trên theo sáng chế, và phần nối này bao gồm mối nối cho điện cực hoặc phần nối giữa khuôn và nền.

5. Khác

Phương pháp liên kết sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế có thể được thực hiện theo phương pháp thông thường ví dụ sử dụng phương pháp hồi lưu. Nhiệt độ gia nhiệt có thể được điều chỉnh thích hợp phụ thuộc vào độ bền nhiệt của chip hoặc nhiệt độ pha lỏng của hợp kim hàn. Khoảng 240°C tốt hơn là nhiệt độ gia nhiệt xét về việc loại bỏ hư hại do nhiệt đối với chip. Nhiệt độ nóng chảy của hợp kim hàn để thực hiện việc hàn chảy có thể xấp xỉ 20°C cao hơn nhiệt độ pha lỏng. Trong trường hợp trong đó liên kết được tiến hành bằng cách sử dụng hợp kim hàn theo sáng chế, cấu trúc này có thể được làm nhỏ hơn bằng cách xem xét tốc độ làm mát trong khi hóa cứng. Ví dụ, mối hàn được làm mát ở tốc độ làm mát từ 2 đến 3°C/giây hoặc cao hơn. Các điều kiện liên kết khác

có thể được điều chỉnh thích hợp phụ thuộc vào thành phần hợp kim của hợp kim hàn.

Hợp kim hàn theo sáng chế cho phép hợp kim tia α thấp được tạo ra bằng cách sử dụng vật liệu tia α thấp làm vật liệu thô. Khi hợp kim tia α thấp như vậy được sử dụng để tạo nên các bướu hàn ở ngoại vi của bộ nhớ, các lỗi mềm có thể được loại bỏ.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Đối với các hợp kim hàn được cấu thành từ các thành phần hợp kim như được thể hiện trong bảng 1, lỗi dung hợp và ΔT thu được từ nhiệt độ pha lỏng và nhiệt độ pha rắn được tính toán như dưới đây. Độ bền cắt và hiện tượng rửa trôi Ni cũng được đánh giá.

(1) sự có mặt hoặc không có mặt của lỗi dung hợp

Các hợp kim hàn như được thể hiện trong bảng 1 được xác minh cho sự có mặt hoặc không có mặt của lỗi dung hợp. Phương pháp xác minh là sao cho các hợp kim hàn được chuẩn bị dựa vào các hợp phần của các ví dụ và các ví dụ so sánh được đúc và cán, và chúng được đột thành các chi tiết mẫu nhỏ (mỗi chi tiết 2 mm (độ dài) $\times$ 2 mm (độ rộng) $\times$ 0,1 mm (độ dày)). Các mẫu nhỏ này được tạo nên dưới dạng vật liệu tấm có kích thước định trước, được đặt trên tấm Cu trên đó việc xử lý chất bảo quản hàn hữu cơ (Organic Solderability Preservative, OSP) (xử lý tiền chất trợ hàn tan được trong nước) được thực hiện và chất trợ hàn được áp dụng. Chúng được hồi lưu, và sau đó bề mặt của chúng được làm sạch và được giữ ở môi trường có nhiệt độ 125°C và độ ẩm RH là RH 100% trong 24 giờ. Ngoài ra, các bi hàn (trong trường hợp của ví dụ này, đường kính của chúng là 300 μ m) được chuẩn bị bằng cách sử dụng hợp kim hàn bao gồm, tính theo % khối lượng, 3,0% là Ag và 0,5% là Cu và phần còn lại là Sn (Sn-3,0Ag-0,5Cu) được giữ ở môi trường có nhiệt độ 125°C và độ ẩm RH là RH 100% trong 24 giờ tương tự như các chi tiết mẫu nhỏ. Tiếp theo, chất trợ hàn được áp dụng cho các mẫu được làm từ các hợp kim hàn của các ví dụ hoặc các ví dụ so sánh, và số lượng định trước của các bi hàn được đặt vào đó. Trong các ví dụ, số lượng của các bi hàn được thiết đặt đến chín mẫu và 5 vật liệu tấm tương ứng được chuẩn bị. Sau đó, sau khi việc hồi lưu được thực hiện, số lượng của các bi hàn lỗi dung hợp được tính toán và tỷ lệ lỗi dung hợp được xác định. Thuật ngữ lỗi dung hợp được xác định là trạng thái trong đó các mẫu nhỏ và các bi hàn không liên kết với nhau.

Khi số lượng của các bi hàn lỗi dung hợp là 0 hoặc nhỏ hơn, nó được ghi là "A";

khi số lượng này lớn hơn 0 và nhỏ hơn hoặc bằng 10, nó được ghi là "B"; và khi số lượng này lớn hơn 10, nó được ghi là "D".

(2) ΔT (K)

Mỗi hợp kim hàn như được thể hiện trong các bảng 1 và 2 được chuẩn bị, và nhiệt độ nóng chảy của mỗi hàn được đo. Phép đo nhiệt độ pha rắn được thực hiện theo JIS Z3198-1. Nhiệt độ pha lỏng được đo, thay vì JIS Z3198-1, với phương pháp với DSC mà tương tự như phương pháp đo nhiệt độ pha rắn theo JIS Z3198-1. ΔT (K), mà là sự chênh lệch giữa nhiệt độ pha lỏng và nhiệt độ pha rắn đo được, được xác định. Khi ΔT (K) là 100 K hoặc nhỏ hơn, nó được ghi là "B", và khi nó lớn hơn 100 K, nó được ghi là "D".

(3) Độ bền cắt

Các bi hàn với đường kính là 0,6 mm được chuẩn bị từ các thành phần hợp kim hàn như được thể hiện trong bảng 1. Các bi hàn này được sử dụng cho việc hàn với nền với độ dày là 1,2 mm và kích thước điện cực là 0,5 mm trong đường kính (Cu-OSP).

Đối với các điều kiện hàn, chất trợ hàn (được sản xuất bởi SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.: WF-6400) được đặt lên điện cực, và việc hàn được thực hiện sử dụng thiết bị hồi lưu (được sản xuất bởi SENJU METAL INDUSTRY CO., LTD.: SNR-615) dưới biên dạng hồi lưu với nhiệt độ đỉnh là 245°C và tốc độ làm mát là 2°C/giây. Mẫu được chuẩn bị được trải qua thử nghiệm độ bền cắt dưới các điều kiện tốc độ cắt là 1000 mm/giây trong thiết bị đo độ bền cắt (được sản xuất bởi Nordson Dage: SERIES 4000HS).

(4) Hiện tượng rửa trôi Ni

Phôi mẫu với độ dày là 250 μm và được làm từ thành phần hợp kim hàn như được thể hiện trong bảng 1 được lắp vào khung dây dẫn Cu. Sau đây, chip IC có kim loại nền ở phía của bề mặt được liên kết với nền của chip silic là 5 mm $\times$ 5 mm $\times$ 200 μm^t được lắp vào hợp kim hàn. Kim loại nền thu được bằng cách xếp chồng liên tục lớp Ti 0,05 μm làm lớp chắn, và lớp Ni 0,20 μm . Việc lắp được thực hiện theo hướng sao cho trong chip IC có kim loại nền, lớp Ni tiếp xúc với hợp kim hàn. Nền với hợp kim hàn và chip IC được lắp trên đó được gia nhiệt trong lò hồi lưu sao cho nhiệt độ đỉnh là 240°C, sau đó sự liên kết khuôn được thực hiện.

Sau đó, mặt cắt ngang của khung dây thu được dẫn được phóng to theo hệ số 30000 trên màn hình SEM, và giá trị trung bình của độ dày màng của lớp Ni được tính toán từ 10 vị trí bất kỳ.

Các kết quả được thể hiện trong các bảng 1 và 2.

Bảng 1

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Hệ thức (1)	Hệ thức (2)	Lỗi dung hợp	ΔT	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ni	Ge	Bi	khác					
Ví dụ 1	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0040	0,20		0,018	3,8	A	B	B
Ví dụ 2	Phần còn lại	3,5	0,80	0,060	0,0040	0,30		0,019	4,5	A	B	B
Ví dụ 3	Phần còn lại	4,0	0,80	0,050	0,0030	4,00		0,027	3,6	A	B	B
Ví dụ 4	Phần còn lại	3,0	0,80	0,020	0,0030	3,00		0,020	1,4	A	B	B
Ví dụ 5	Phần còn lại	3,0	0,70	0,060	0,0035	0,50		0,015	4,0	A	B	B
Ví dụ 6	Phần còn lại	3,2	0,50	0,050	0,0045	0,50		0,019	2,3	A	B	B
Ví dụ 7	Phần còn lại	2,8	0,70	0,050	0,0045	1,00		0,020	3,3	A	B	B
Ví dụ 8	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0040	1,00		0,021	3,7	A	B	B
Ví dụ 9	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0040	1,50		0,023	3,7	A	B	B
Ví dụ 10	Phần còn lại	1,0	0,70	0,040	0,0045	1,50		0,015	2,7	A	B	B
Ví dụ tham chiếu 11	Phần còn lại	1,0	0,50	0,068	0,0080	2,00		0,029	3,2	B	B	B
Ví dụ 12	Phần còn lại	3,8	0,70	0,050	0,0040	2,00		0,026	3,2	A	B	B
Ví dụ tham chiếu 13	Phần còn lại	2,0	0,50	0,030	0,0080	1,40		0,031	1,4	B	B	B
Ví dụ 14	Phần còn lại	0,5	0,80	0,010	0,0060	3,00		0,026	0,7	B	B	B
Ví dụ 15	Phần còn lại	3,0	0,80	0,020	0,0040	3,00		0,027	1,4	A	B	B
Ví dụ 16	Phần còn lại	3,2	0,75	0,040	0,0035	3,00		0,024	2,7	A	B	B
Ví dụ tham chiếu 17	Phần còn lại	4,0	0,50	0,050	0,0040	3,00		0,030	2,3	A	B	B
Ví dụ 18	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00		0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 19	Phần còn lại	2,0	0,60	0,030	0,0020	4,00		0,013	1,6	A	B	B
Ví dụ 20	Phần còn lại	3,0	0,50	0,060	0,0030	4,00		0,023	2,7	A	B	B

Bảng 1 (tiếp)

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Hệ thức (1)	Hệ thức (2)	Lỗi dung hợp	ΔT	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ni	Ge	Bi	khác					
Ví dụ tham chiều 21	Phần còn lại	1,0	0,80	0,068	0,0045	5,00		0,031	5,0	A	B	B
Ví dụ tham chiều 22	Phần còn lại	3,4	0,50	0,030	0,0035	5,00		0,031	1,3	A	B	B
Ví dụ tham chiều 23	Phần còn lại	2,0	0,75	0,070	0,0080	1,00		0,031	5,0	A	B	B
Ví dụ tham chiều 24	Phần còn lại	2,0	0,75	0,070	0,0060	2,00		0,029	4,9	A	B	B
Ví dụ tham chiều 25	Phần còn lại	2,0	0,75	0,070	0,0050	3,00		0,029	4,9	A	B	B
Ví dụ tham chiều 26	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0045	2,00		0,029	3,7	A	B	B
Ví dụ tham chiều 27	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0045	2,50		0,031	3,7	A	B	B
Ví dụ tham chiều 28	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0040	3,00		0,029	3,7	A	B	B
Ví dụ tham chiều 29	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0040	3,50		0,031	3,6	A	B	B
Ví dụ tham chiều 30	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0050	1,50		0,029	3,7	A	B	B
Ví dụ tham chiều 31	Phần còn lại	3,8	0,70	0,050	0,0040	3,00		0,030	3,2	A	B	B
Ví dụ tham chiều 32	Phần còn lại	3,0	0,80	0,020	0,0045	3,00		0,031	1,4	A	B	B
Ví dụ 33	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Mn: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 34	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Pd: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 35	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	P: 0,01	0,025	3,6	A	B	B

Ví dụ 36	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Au: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 37	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Pt: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 38	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Cr: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 39	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Fe: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 40	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Co: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 41	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	V: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 42	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Mo: 0,01	0,025	3,6	A	B	B
Ví dụ 43	Phần còn lại	3,5	0,80	0,050	0,0030	4,00	Nb: 0,01	0,025	3,6	A	B	B

Bảng 2

	Thành phần hợp kim (% khối lượng)							Hệ thức (1)	Hệ thức (2)	Lỗi dung hợp	ΔT	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ni	Ge	Bi	khác					
Ví dụ so sánh 1	Phần còn lại	3,0	0,50	0,030	<u>0,0150</u>			<u>0,053</u>	1,4	D	B	D
Ví dụ so sánh 2	Phần còn lại	3,8	0,60	<u>0,120</u>	0,0060	4,00		<u>0,051</u>	<u>6,5</u>	D	D	D
Ví dụ so sánh 3	Phần còn lại	4,0	0,75	<u>0,150</u>	<u>0,0300</u>	5,00		<u>0,297</u>	<u>10,1</u>	D	D	D
Ví dụ so sánh 4	Phần còn lại	3,0	0,70	0,050	0,0060	1,50		<u>0,032</u>	3,3	D	B	D
Ví dụ so sánh 5	Phần còn lại	1,0	0,70	0,015	<u>0,0000</u>	4,00		<u>0,000</u>	0,9	D	B	D
Ví dụ so sánh 6	Phần còn lại	3,0	0,50	0,060	0,0050	3,00		<u>0,033</u>	2,8	D	B	D
Ví dụ so sánh 7	Phần còn lại	3,5	0,50	<u>0,100</u>	<u>0,1500</u>			<u>0,615</u>	4,7	D	B	D
Ví dụ so sánh 8	Phần còn lại	2,0	0,50	<u>0,100</u>	<u>0,0500</u>	2,00		<u>0,230</u>	4,7	D	B	D
Ví dụ so sánh 9	Phần còn lại	3,5	0,50	<u>0,100</u>	<u>0,0500</u>			<u>0,205</u>	4,7	D	B	D
Ví dụ so sánh 10	Phần còn lại	4,5	0,85	0,005	0,0005	2,00		<u>0,004</u>	0,3	D	B	D
Ví dụ so sánh 11	Phần còn lại	0,1	0,20	0,050	0,0005	2,00		<u>0,001</u>	0,9	D	B	D

Phần gạch chân chỉ báo rằng nó không nằm trong phạm vi của sáng chế.

Như được thể hiện trong bảng 1, theo các ví dụ 1 đến 43 (loại trừ các ví dụ tham chiếu 11, 13, 17, và 21 đến 32), bộc lộ rằng lỗi dung hợp không xuất hiện và ΔT nằm trong dải định trước bởi hàm lượng của mỗi nguyên tố cấu thành và các hệ thức (1) và (2) được thỏa mãn cho tất cả các thành phần hợp kim. Ngoài ra, được xác nhận rằng các mối hàn thu được sử dụng các hợp kim hàn của các ví dụ thể hiện các giá trị độ bền cắt cao hơn so với ví dụ bất kỳ trong số các ví dụ so sánh. Ngoài ra, được xác nhận rằng hiện tượng rửa trôi Ni cũng được loại bỏ.

Mặt khác, theo các ví dụ so sánh từ 1 đến 11, hệ thức (1) không được thỏa mãn, do đó nhiều bi hàn lỗi dung hợp được phát hiện. Ngoài ra, hợp kim hàn Sn-2,0Ag-0,75Cu-0,070Ni-0,0080Ge (các giá trị số được thể hiện theo % khối lượng; phần còn lại là Sn và các tạp chất không tránh khỏi) có độ bền cắt của các mối hàn kém bởi chúng thỏa mãn hệ thức (1) nhưng không thỏa mãn hệ thức (2).

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, tính theo % khối lượng:

Ag: 0,1 đến 4,5%,

Cu: 0,20 đến 0,85%,

Bi: 0,2 đến 5,00%,

Ni: 0,005 đến 0,09%, và

Ge: 0,0005 đến 0,0090% và phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) sau đây:

$$0,013 \leq (Ag + Cu + Ni + Bi) \times Ge \leq 0,027 \quad \text{hệ thức (1)}$$

$$Sn \times Cu \times Ni \leq 5,0 \quad \text{hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Bi, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) đều thể hiện các hàm lượng (% khối lượng) của chúng trong thành phần hợp kim.

2. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 1, trong đó, tính theo % khối lượng:

thành phần hợp kim bao gồm Ge: 0,0005 đến 0,0045%.

3. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 1 hoặc 2, trong đó thành phần hợp kim bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb đều có giới hạn trên là 0,01% tính theo % khối lượng.

4. Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.

5. Bi hàn theo điểm 4, trong đó bi hàn này có đường kính hạt trung bình từ 1 đến 1000 μm .

6. Bi hàn theo điểm 4 hoặc 5, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,95 hoặc lớn hơn.

7. Bi hàn theo điểm 4 hoặc 5, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,99 hoặc lớn hơn.

8. Màng lưới bi hàn được tạo nên sử dụng bi hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ

4 đến 7.

9. Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3.

10. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon có thành phần hợp kim bao gồm, tính theo % khối lượng:

Ag: 0,1 đến 4,5%,

Cu: 0,20 đến 0,85%,

Bi: 0,2 đến 5,00%,

Ni: 0,005 đến 0,09%, và

Ge: 0,0005 đến 0,0045% và phần còn lại là Sn,

trong đó thành phần hợp kim thỏa mãn các hệ thức (1) và (2) sau đây:

$$0,029 \leq (Ag + Cu + Ni + Bi) \times Ge < 0,032 \quad \text{hệ thức (1)}$$

$$Sn \times Cu \times Ni \leq 5,0 \quad \text{hệ thức (2)}$$

trong đó Ag, Cu, Ni, Bi, Ge, và Sn trong các hệ thức (1) và (2) đều thể hiện các hàm lượng (% khối lượng) của chúng trong thành phần hợp kim.

11. Hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 10, trong đó thành phần hợp kim bao gồm một hoặc nhiều nguyên tố được lựa chọn từ nhóm bao gồm Mn, Pd, P, Au, Pt, Cr, Fe, Co, V, Mo, và Nb đều có giới hạn trên là 0,01% tính theo % khối lượng.

12. Bi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 10 hoặc 11.

13. Bi hàn theo điểm 12, trong đó bi hàn này có đường kính hạt trung bình từ 1 đến 1000 μm .

14. Bi hàn theo điểm 12 hoặc 13, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,95 hoặc lớn hơn.

15. Bi hàn theo điểm 12 hoặc 13, trong đó bi hàn này có độ cầu là 0,99 hoặc lớn hơn.

16. Màng lưới bi hàn được tạo nên sử dụng bi hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 12 đến 15.

17. Mỗi hàn bao gồm hợp kim hàn không chứa chì và antimon theo điểm 10 hoặc 11.