



(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)



1-0044419

(51)^{2020.01} **B23K 35/26**; C22C 13/02; C22C 13/00; (13) **B**
B23K 35/22

(21) 1-2021-07542

(22) 31/01/2020

(86) PCT/JP2020/003714 31/01/2020

(87) WO2020/240928 03/12/2020

(30) 2019-098944 27/05/2019 JP

(45) 25/03/2025 444

(43) 25/03/2022 408A

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

23, Senju-Hashido-cho, Adachi-ku, Tokyo 120-8555 Japan

(72) KAWASAKI Hiroyoshi (JP); MUNEKATA Osamu (JP); SHIRATORI Masato (JP).

(74) Công ty Luật TNHH ROUSE Việt Nam (ROUSE LEGAL VIETNAM LTD.)

(54) HỢP KIM HÀN, BỘT HÀN, KEM HÀN, VÀ MỐI NỐI HÀN BAO GỒM HỢP
KIM HÀN NÀY

(21) 1-2021-07542

(57) Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn và bột hàn mà ngăn chặn sự thay đổi về kem hàn theo thời gian và có khả năng thấm ướt nổi trội, sự chênh lệch nhỏ về nhiệt độ giữa nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn, và các tính chất cơ học nổi trội, và thể hiện độ bền mối nối cao. Hợp kim hàn có thành phần hợp kim chứa từ 0,55 đến 0,75 % khối lượng Cu, từ 0,0350 đến 0,0600 % khối lượng Ni, từ 0,0035 đến 0,0200 % khối lượng Ge, và từ 25 đến 300 ppm khối lượng As, ít nhất một trong số từ 0 đến 3.000 ppm khối lượng Sb, từ 0 đến 10.000 ppm khối lượng Bi, và từ 0 đến 5.100 ppm khối lượng Pb, và phần còn lại là Sn, và thỏa mãn các biểu thức từ (1) đến (3) dưới đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \quad (1)$$

$$0,01 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2)$$

$$10,83 \leq Cu / Ni \leq 18,57 \quad (3)$$

Trong các biểu thức từ (1) đến (3) được thể hiện trên đây, mỗi Cu, Ni, As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim. Sáng chế cũng đề cập đến kem hàn, và mối nối hàn bao gồm hợp kim hàn theo sáng chế.

Lĩnh vực kỹ thuật được đề cập

Sáng chế đề cập đến hợp kim hàn, bột hàn, kem hàn, và mối nối hàn sử dụng hợp kim hàn này.

Tình trạng kỹ thuật của sáng chế

Nền gắn kết (mounting substrate) trong đó các linh kiện điện tử được gắn kết trên nền in được sử dụng cho các thiết bị điện tử khác nhau. Ngoài nền một lớp, nền gắn kết trong đó nhiều nền được xếp chồng để thực hiện đầy đủ các chức năng được sử dụng. Các ví dụ về sự nối điện giữa các nền hoặc các linh kiện điện tử gắn kết trên nền bao gồm phương pháp nối các nền qua việc gắn kết bề mặt hoặc phương pháp chèn các đầu nối (terminal) vào qua các lỗ để gắn kết. Các ví dụ về các quy trình gắn kết như vậy trên nền in bao gồm hàn theo dòng, hàn đối lưu (reflow soldering), và hàn thủ công.

Trong số các phương pháp này, phương pháp chèn các đầu nối vào qua các lỗ để gắn kết được sử dụng để gắn kết các linh kiện điện tử có kích thước nhất định từ quan điểm về độ bền nối hoặc các yếu tố tương tự. Hàn theo dòng thông thường được dùng cho quy trình gắn kết. Hàn theo dòng là phương pháp hàn bằng cách áp bề mặt phun của bể hàn nhúng vào phía bề mặt nối của nền in.

Các ví dụ về các hợp kim hàn được sử dụng cho việc hàn theo dòng như vậy bao gồm hợp kim hàn Sn-Cu-Ni như được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1. Tài liệu này bộc lộ rằng, trong hợp kim hàn như vậy, dung dịch rắn của chính hợp kim hàn này được gia cường do Cu được bổ sung vào Sn, và ngăn chặn được việc sinh ra các hợp chất liên kim loại như Cu_6Sn_5 hoặc Cu_3Sn trong hợp kim hàn do Ni được bổ sung vào đó. Ngoài ra, tài liệu này cũng bộc lộ rằng điểm nóng chảy cao của hợp chất liên kim loại như vậy ngăn cản độ hóa lỏng của kim loại nóng chảy tại thời điểm nóng chảy hợp kim.

Thêm vào đó, trong những năm gần đây, các thiết bị điện tử có các mối nối hàn như bộ xử lý trung tâm (CPU) yêu cầu phải được thu nhỏ và có hiệu năng cao. Cùng với việc này, cần thiết phải giảm kích thước của các điện cực của các nền in và các thiết bị điện tử. Vì thiết bị điện tử được nối với nền in qua điện cực, kích thước của mối nối hàn nối thiết bị điện tử và nền in giảm cùng với sự thu nhỏ điện cực. Trong trường hợp kết nối qua điện cực nhỏ như vậy, khó nói rằng hàn theo dòng là phương pháp gắn kết thích hợp.

Nhìn chung, hàn đối lưu sử dụng kem hàn được dùng để nối thiết bị điện tử với nền in thông qua điện cực nhỏ như vậy. Hàn đối lưu là phương pháp hàn trong đó kem hàn được đưa chung vào các điện cực trên nền in thông qua mặt nạ kim loại (metal mask) và nền in mà trên đó thiết bị điện tử được gắn kết được đưa vào lò đối lưu. Ở đây, trong trường hợp trong đó kem hàn được mua, thông thường không phải tất cả kem hàn có thể được dùng hết tại một thời điểm in. Do đó, kem hàn cần phải duy trì độ nhớt ban đầu thích hợp của nó tại thời điểm sản xuất để không làm suy giảm hiệu năng in.

Ví dụ, hợp kim hàn chứa Sn, một hoặc nhiều trong số được chọn từ nhóm bao gồm Ag, Bi, Sb, Zn, In, và Cu, và lượng xác định trước của As để ngăn chặn sự thay đổi của kem hàn theo thời gian được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2. Tài liệu này thể hiện kết quả trong đó độ nhớt ở 25°C sau 2 tuần nhỏ hơn 140% so với độ nhớt ban đầu tại lúc tạo ra. Ngoài ra, tài liệu này cũng bộc lộ rằng hợp kim hàn chứa nhỏ hơn 10 ppm Ni dưới dạng các tạp chất không thể tránh khỏi.

Danh sách tài liệu trích dẫn

Tài liệu sáng chế

Tài liệu sáng chế 1

Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, số công bố lần thứ nhất 2000-197988

Tài liệu sáng chế 2

Đơn sáng chế Nhật Bản chưa được thẩm định, số công bố lần thứ nhất 2015-98052

Bản chất kỹ thuật của sáng chế

Vấn đề kỹ thuật

Trong sáng chế được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, hợp kim được thiết kế chủ yếu để sử dụng trong phương pháp hàn theo dòng và tập trung vào độ hóa lỏng của chất hàn nóng chảy hoặc độ bền kéo của các hợp kim hàn. Do các vật được nối theo phương pháp hàn theo dòng là các linh kiện điện tử tương đối lớn như được mô tả trên đây, khó sử dụng phương pháp này để nối các thiết bị điện tử có các điện cực nhỏ như được mô tả trên đây. Ngoài ra, trong mỗi nối hàn được nối bằng hợp kim hàn, mặt nối không được nứt gãy. Tuy nhiên, trong các hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1, chỉ có các tính chất cơ học của chính các hợp kim hàn được lưu ý. Các hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 1 chứa Ni để ngăn chặn sự tạo thành các hợp chất của Sn và Cu. Tuy nhiên, việc tiêu thụ Ni để cải thiện độ bền cơ học của chính các hợp kim hàn như được mô tả trên đây, và không chắc chắn liệu độ bền tại mặt nối của mỗi nối hàn có được cải thiện đầy đủ không. Yêu cầu phải có các nghiên cứu thêm về liên kết các điện cực nhỏ trong những năm gần đây mà không gây ra các vấn đề.

Ngoài ra, như được mô tả trên đây, sáng chế được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 là hợp kim hàn có thể chứa chọn lựa 6 loại nguyên tố ngoài Sn và As. Ngoài ra, tài liệu này thể hiện các kết quả của sự giảm về độ nóng chảy do lượng lớn của As.

Ở đây, cho rằng độ nóng chảy được đánh giá trong tài liệu sáng chế 2 tương ứng với khả năng thẩm ướt của chất hàn nóng chảy. Ngoại quan của vật liệu nóng chảy được quan sát bằng kính hiển vi để đánh giá độ nóng chảy được bộc lộ trong tài liệu này theo sự có mặt hoặc vắng mặt của bột hàn mà không thể được nóng chảy hoàn toàn. Điều này là do không chắc rằng bột hàn mà không thể được nóng chảy hoàn toàn sẽ lưu giữ được nếu khả năng thẩm ướt của chất hàn nóng chảy là

cao.

Nhìn chung, cần phải sử dụng chất trợ dung hoạt tính cao để cải thiện khả năng thấm ướt của chất hàn nóng chảy. Trong chất trợ dung được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2, tài liệu này cho rằng chất trợ dung hoạt tính cao có thể được sử dụng để ngăn chặn sự giảm về khả năng thấm ướt do As. Tuy nhiên, nếu chất trợ dung hoạt tính cao được sử dụng, phản ứng giữa hợp kim hàn và chất hoạt hóa diễn ra, do vậy độ nhớt của kem tăng lên. Ngoài ra, dựa vào sự bộc lộ của tài liệu sáng chế 2, cần phải tăng lượng As để ngăn chặn sự tăng độ nhớt. Để kem hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 biểu hiện tốc độ tăng độ nhớt thấp và khả năng thấm ướt nổi trội, cần phải tăng liên tục hoạt tính của chất trợ dung và lượng As, mà điều này gây ra chu kỳ độ nhớt (vicious cycle).

Gần đây, yêu cầu phải có hiệu năng ổn định để duy trì kem hàn trong khoảng thời gian dài bất kể môi trường sử dụng hoặc môi trường lưu kho, và cũng yêu cầu khả năng thấm ướt cao hơn do sự thu nhỏ của các mối nối hàn. Khi cố gắng đáp ứng các yêu cầu gần đây bằng việc sử dụng kem hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2, không tránh được chu kỳ độ nhớt như được mô tả trên đây.

Hơn nữa, cần phải cải thiện các tính chất cơ học hoặc các đặc tính tương tự của các mối nối hàn để liên kết các điện cực nhỏ. Tùy thuộc vào các nguyên tố, khi các hàm lượng của chúng tăng, nhiệt độ đường lỏng tăng lên, sự chênh lệch giữa nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn tăng lên, và sự phân tầng xảy ra trong khi hóa rắn, tạo thành cấu trúc hợp kim không đồng nhất. Trong trường hợp trong đó hợp kim hàn có cấu trúc hợp kim như vậy, các tính chất cơ học như độ bền kéo giảm đi và mối nối hàn dễ nứt gãy do ứng suất ngoài. Các vấn đề này đã trở nên quan trọng cùng với sự thu nhỏ của các điện cực gần đây.

Mục tiêu của sáng chế là đề xuất hợp kim hàn mà ngăn chặn sự thay đổi về kem hàn theo thời gian và có khả năng thấm ướt nổi trội, sự chênh lệch nhỏ về nhiệt độ giữa nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn, và các tính chất cơ học nổi trội, và thể hiện độ bền mối nối cao, bột hàn, kem hàn, và mối nối hàn sử dụng

hợp kim hàn, bột hàn, kem hàn này.

Giải pháp cho vấn đề

Khi ngăn chặn các thay đổi về kem theo thời gian và khả năng thấm ướt nổi trội và cải thiện tại cùng thời điểm, cần phải tránh chu kỳ độ nhót do việc sử dụng chất trợ dung có hoạt tính cao và tăng lượng As. Ngoài ra, cần mỗi nối hàn có độ bền mỗi nối cao. Các tác giả sáng chế đã tập trung vào thành phần hợp kim của hợp kim hàn và đã tiến hành các nghiên cứu bao quát để cải thiện độ bền mỗi nối của mỗi nối hàn và đạt được cả việc ngăn chặn sự thay đổi về kem theo thời gian và khả năng thấm ướt nổi trội bất kể loại chất trợ dung.

Đầu tiên, các tác giả sáng chế đã tập trung vào việc ngăn chặn sự tạo thành các hợp chất của Sn và Cu trong hợp kim hàn và ngăn chặn sự giảm về khả năng thấm ướt do sự oxy hóa của chất hàn nóng chảy như trong tình trạng kỹ thuật, và hợp kim thu được bằng cách bổ sung lượng vết của Ge vào hợp kim hàn Sn-Cu-Ni được xem là thành phần cơ bản. Trong thành phần cơ bản này, khoảng lượng Cu được giới hạn để ngăn chặn sự hư hỏng do nhiệt cho thiết bị điện tử do sự tăng nhiệt độ đường lỏng và cải thiện độ bền của mỗi nối hàn. Ngoài ra, khoảng lượng Ni cũng được giới hạn từ các quan điểm về việc thể hiện hiệu quả ngăn cản sự phát triển của các hợp chất Sn-Cu do Ni không chỉ trong hợp kim hàn mà còn ở mặt nối và ngăn chặn lượng lớn của kết tủa trong vùng lân cận của mặt nối của các hợp chất Sn-Cu-Ni.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã khảo sát bột hàn chứa As trong hợp kim hàn Sn-Cu-Ni-Ge. Thêm vào đó, họ đã nghiên cứu lượng As khi tập trung vào lý do để ngăn chặn sự thay đổi về kem hàn theo thời gian trong trường hợp sử dụng bột hàn như vậy.

Lý do độ nhót của kem hàn tăng lên theo thời gian được cho rằng bởi vì bột hàn phản ứng với chất trợ dung. Thêm vào đó, nếu so sánh các kết quả của ví dụ 4 với các kết quả của ví dụ so sánh 2 trong bảng 1 của tài liệu sáng chế 2, các kết quả này thể hiện rằng khi hàm lượng As lớn hơn 100 phần triệu khối lượng (ppm)

sẽ làm giảm tốc độ tăng độ nhớt. Lưu ý vấn đề này, trong trường hợp trong đó hiệu quả ngăn chặn sự thay đổi về kem theo thời gian (dưới đây, được đề cập một cách thích hợp là “hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc”) được tập trung, được xem như lượng As có thể tăng nữa. Trong trường hợp trong đó lượng As tăng, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc tăng nhẹ cùng với lượng As. Tuy nhiên, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc nhận được không tương ứng với sự tăng của lượng As. Điều này được cho rằng bởi vì lượng As tập trung ở bề mặt của hợp kim hàn bị giới hạn và lượng As bên trong hợp kim hàn trong đó hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc ít thể hiện ngay cả khi lượng xác định trước hoặc nhiều hơn As được đưa vào tăng lên. Ngoài ra, đã xác nhận rằng, nếu lượng As quá cao, khả năng thấm ướt của hợp kim hàn giảm đi.

Thêm vào đó, các tác giả sáng chế đã giả thiết rằng có thể cần mở rộng khoảng lượng As đến khoảng trong đó hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc không được thể hiện do lượng nhỏ của As như trong tình trạng kỹ thuật và sau đó bổ sung các nguyên tố trong đó hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc được thể hiện ngoài As và đã nghiên cứu các nguyên tố khác nhau. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã tìm ra một cách trùng khớp rằng Sb, Bi, và Pb có cùng hiệu quả như hiệu quả của As. Mặc dù lý do cho việc này chưa rõ ràng, giả định như sau.

Hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc được thể hiện bằng việc ngăn chặn phản ứng với chất trợ dung. Các ví dụ về các nguyên tố có khả năng phản ứng thấp với chất trợ dung bao gồm các nguyên tố có điện thế ion hóa thấp. Nhìn chung, sự ion hóa hợp kim được xem xét liên quan tới điện thế ion hóa trong thành phần hợp kim, đó là, điện thế điện cực tiêu chuẩn. Ví dụ, hợp kim Sn-Ag chứa Ag mà tro hơn các ion Sn thì ít sẵn có hơn Sn. Vì lý do này, vì hợp kim có nguyên tố tro hơn các ion Sn thì ít sẵn có hơn, suy ra rằng hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc của kem hàn đi kèm với nguyên tố tro hơn này sẽ nổi trội.

Ở đây, ngoài Sn, Ag, và Cu, mặc dù Bi, Sb, Zn, và In được liệt kê là các nguyên tố tương đương trong tài liệu sáng chế 2, In và Zn là các nguyên tố không

quý so với Sn khi xét về điện thế ion hóa. Đó là, tài liệu sáng chế 2 bộc lộ rằng hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc có thể nhận được ngay cả khi nguyên tố không quý hơn Sn được bổ sung vào. Vì lý do này, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc giống như hoặc tốt hơn so với hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc của hợp kim hàn được bộc lộ trong tài liệu sáng chế 2 được cho rằng có thể nhận được từ hợp kim hàn chứa nguyên tố được chọn theo điện thế ion hóa. Ngoài ra, nếu lượng As tăng lên, khả năng thấm ướt giảm đi như được mô tả trên đây.

Các tác giả sáng chế đã nghiên cứu chi tiết Bi và Pb thể hiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc. Do Bi và Pb làm giảm nhiệt độ đường lỏng của các hợp kim hàn, trong trường hợp trong đó nhiệt độ gia nhiệt của các hợp kim hàn không đổi, khả năng thấm ướt của các hợp kim hàn được cải thiện. Tuy nhiên, tùy thuộc vào các hàm lượng của chúng, nhiệt độ đường rắn giảm một cách đáng kể. Do đó, ΔT là sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn trở nên quá lớn. Nếu ΔT quá lớn, sự phân tầng xảy ra trong khi hóa rắn, điều này dẫn đến sự giảm về các tính chất cơ học như độ bền cơ học. Đã phát hiện ra rằng cần có sự quản lý chặt chẽ khi hiện tượng mà ΔT sẽ lớn đáng kể xuất hiện trong trường hợp trong đó Bi và Pb được bổ sung tại cùng thời điểm.

Hơn nữa, các tác giả sáng chế đã nghiên cứu lại các hàm lượng Bi và Pb để cải thiện khả năng thấm ướt của các hợp kim hàn. ΔT sẽ lớn khi các hàm lượng của các nguyên tố này tăng. Do đó, các tác giả sáng chế đã chọn Sb là nguyên tố mà điện thế ion hóa của nó hiếm hơn Sn và cải thiện khả năng thấm ướt của các hợp kim hàn và đã xác định được khoảng chấp nhận được của lượng Sb, và sau đó đã nghiên cứu chi tiết mối liên hệ giữa các hàm lượng As, Bi, Pb, và Sb khi có Sb. Kết quả là, các tác giả sáng chế đã tìm ra một cách trùng khớp rằng, trong trường hợp trong đó các lượng của tất cả các nguyên tố cấu thành được mô tả trên đây nằm trong khoảng xác định trước và các hàm lượng As, Bi, Pb, và Sb thỏa mãn biểu thức về mối liên hệ được xác định trước, ngăn cản được sự phát triển của các hợp chất Sn-Cu tại mặt nối, ngăn cản được sự tạo thành các hợp chất Sn-

Cu-Ni trong vùng lân cận của mặt nổi, và không có vấn đề thực tế nào đối với tất cả các vấn đề hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc nổi trôi, khả năng thấm ướt nổi trôi, và làm hẹp ΔT , và đã hoàn thành sáng chế.

Sáng chế nhận được từ các kết quả nghiên cứu này như sau.

(1) Hợp kim hàn mà có thành phần hợp kim chứa từ 0,55 đến 0,75 % khối lượng Cu, từ 0,0350 đến 0,0600 % khối lượng Ni, từ 0,0035 đến 0,0200 % khối lượng Ge, và từ 25 đến 300 ppm khối lượng As, ít nhất một trong số từ 0 đến 3.000 ppm khối lượng Sb, từ 0 đến 10.000 ppm khối lượng Bi, và từ 0 đến 5.100 ppm khối lượng Pb, và phần còn lại là Sn, và thỏa mãn các biểu thức từ (1) đến (3) dưới đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \quad (1)$$

$$0,01 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2)$$

$$10,83 \leq Cu / Ni \leq 18,57 \quad (3)$$

Trong các biểu thức từ (1) đến (3) được thể hiện trên đây, mỗi Cu, Ni, As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(2) Hợp kim hàn theo mục (1) được mô tả trên đây, trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (1a) dưới đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 25.200 \quad (1a)$$

Trong biểu thức (1a) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(3) Hợp kim hàn theo mục (1) được mô tả trên đây, trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (1b) dưới đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 5.300 \quad (1b)$$

Trong biểu thức (1b) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(4) Hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (3) được mô tả trên đây, trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (2a) dưới đây.

$$0,31 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2a)$$

Trong biểu thức (2a) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(5) Hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (4) được mô tả trên đây, trong đó thành phần hợp kim còn chứa từ 0 đến 4 % khối lượng Ag.

(6) Bột hàn được tạo thành từ hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) được mô tả trên đây.

(7) Kem hàn bao gồm bột hàn theo mục (6) được mô tả trên đây (mà không chứa bột hàn khác với bột hàn theo mục (6) được mô tả trên đây).

(8) Mỗi nối hàn bao gồm hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) được mô tả trên đây (mà không chứa hợp kim hàn khác với hợp kim hàn theo mục bất kỳ trong số các mục từ (1) đến (5) được mô tả trên đây).

Mô tả chi tiết các phương án thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả chi tiết hơn dưới đây. Trong bản mô tả này, “ppm” liên quan đến thành phần hợp kim hàn là “phần triệu theo khối lượng” (“ppm khối lượng”) trừ khi được quy định theo cách khác. “%” là “% khối lượng” trừ khi được quy định theo cách khác.

1. Thành phần hợp kim

(1) Cu: từ 0,55% đến 0,75%

Cu được sử dụng trong các hợp kim hàn thông thường và là nguyên tố mà cải thiện độ bền mối nối của các mối nối hàn. Ngoài ra, Cu là nguyên tố trợ hơn Sn, và khi Cu tồn tại đồng thời với As, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc của As được xúc tiến. Trong trường hợp trong đó lượng Cu nhỏ hơn 0,55%, độ bền của các mối nối hàn không được cải thiện. Giới hạn dưới của lượng Cu lớn hơn hoặc

bằng 0,55%, tốt hơn là lớn hơn 0,55%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,60%. Ngược lại, nếu lượng Cu lớn hơn 0,75%, các điểm nóng chảy của các hợp kim hàn tăng, gây ra sự hư hỏng do nhiệt trên các linh kiện điện tử. Giới hạn trên của lượng Cu nhỏ hơn hoặc bằng 0,75%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,75%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,70%.

(2) Ni: từ 0,0350% đến 0,0600%

Ni là nguyên tố ngăn cản sự phát triển của các hợp chất liên kim loại như Cu_3Sn hoặc Cu_6Sn_5 tại mặt nối. Trong trường hợp trong đó lượng Ni nhỏ hơn 0,0350%, các hợp chất liên kim loại này phát triển và độ bền cơ học của các mối nối hàn giảm đi. Giới hạn dưới của lượng Ni lớn hơn hoặc bằng 0,0350%, tốt hơn là lớn hơn 0,0350%, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0400%. Ngược lại, nếu lượng Ni lớn hơn 0,0600%, lượng lớn của các hợp chất Sn-Cu-Ni bị kết tủa trong vùng lân cận của mặt nối trong hợp kim hàn, và độ bền cơ học của các mối nối hàn giảm đi. Giới hạn trên của lượng Ni nhỏ hơn hoặc bằng 0,0600%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,0600%, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0550%.

(3) Ge: từ 0,0035% đến 0,0200%

Ge là nguyên tố ngăn chặn sự oxy hóa các hợp kim hàn để ngăn cản sự giảm về khả năng thấm ướt hoặc sự biến màu của các hợp kim hàn, và ngăn chặn sự tạo thành xỉ có nguồn gốc từ Fe. Trong trường hợp trong đó lượng Ge nhỏ hơn 0,0035%, sự giảm về khả năng thấm ướt hoặc sự biến màu của các hợp kim hàn xảy ra. Giới hạn dưới của lượng Ge lớn hơn hoặc bằng 0,0035%, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,0040%, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0050%, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,0080%. Ngược lại, nếu lượng Ge lớn hơn 0,0200%, khả năng thấm ướt giảm đi do sự kết tủa của lượng lớn các oxit trên các bề mặt của các hợp kim hàn. Do vậy, độ bền cơ học của các mối nối hàn giảm đi. Giới hạn trên của lượng Ge nhỏ hơn hoặc bằng 0,0200%, tốt hơn là nhỏ hơn 0,0200%, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0150%, và đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 0,0120%.

(4) As: từ 25 đến 300 ppm

As là nguyên tố có khả năng ngăn chặn sự thay đổi về độ nhớt của kem hàn theo thời gian. Do As có khả năng phản ứng thấp với chất trợ dung và là nguyên tố trơ hơn Sn, suy ra rằng As có thể thể hiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc. Nếu lượng As nhỏ hơn 25 ppm, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc không thể được thể hiện đầy đủ. Giới hạn dưới của lượng As lớn hơn hoặc bằng 25 ppm, tốt hơn là lớn hơn 25 ppm, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 50 ppm, và còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 100 ppm. Ngược lại, nếu lượng As quá cao, khả năng thẩm ướt của các hợp kim hàn giảm đi. Giới hạn trên của lượng As nhỏ hơn hoặc bằng 300 ppm, tốt hơn là nhỏ hơn 300 ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 250 ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 200 ppm, và đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 150 ppm.

(5) Ít nhất một trong số Sb với lượng từ 0 đến 3.000 ppm, Bi với lượng từ 0 đến 10.000 ppm, và Pb với lượng từ 0 đến 5.100 ppm

Sb là nguyên tố mà có khả năng phản ứng thấp với chất trợ dung và thể hiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc. Trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế chứa Sb, giới hạn dưới của lượng Sb lớn hơn hoặc bằng 0 ppm, tốt hơn là lớn hơn 0 ppm, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 25 ppm, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 50 ppm, đặc biệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100 ppm, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 200 ppm. Ngược lại, nếu lượng Sb quá cao, khả năng thẩm ướt giảm đi. Do đó, cần phải thiết đặt hàm lượng của nó đến mức vừa phải. Giới hạn trên của lượng Sb nhỏ hơn hoặc bằng 3.000 ppm, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1.150 ppm, và tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 500 ppm.

Tương tự với Sb, Bi và Pb là các nguyên tố mà có khả năng phản ứng thấp với chất trợ dung và thể hiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc. Ngoài ra, Bi và Pb làm giảm nhiệt độ đường lỏng của hợp kim hàn và giảm độ nhớt của chất hàn nóng chảy, và do đó, là các nguyên tố có khả năng ngăn chặn sự giảm về khả năng thẩm ướt do As.

Nếu ít nhất một nguyên tố trong số Sb, Bi, và Pb có mặt, sự giảm về khả năng thấm ướt do As có thể được ngăn chặn. Trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế chứa Bi, giới hạn dưới của lượng Bi lớn hơn hoặc bằng 0 ppm, tốt hơn là lớn hơn 0 ppm, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 25 ppm, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 50 ppm, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 75 ppm, đặc biệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100 ppm, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 200 ppm. Trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế chứa Pb, giới hạn dưới của lượng Pb lớn hơn hoặc bằng 0 ppm, tốt hơn là lớn hơn 0 ppm, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 25 ppm, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 50 ppm, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 75 ppm, đặc biệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 100 ppm, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 200 ppm.

Ngược lại, nếu các hàm lượng của các nguyên tố này quá cao, nhiệt độ đường rắn giảm một cách đáng kể. Do đó, ΔT là sự chênh lệch nhiệt độ giữa nhiệt độ đường lỏng và nhiệt độ đường rắn trở nên quá lớn. Nếu ΔT quá lớn, các pha tinh thể mà có lượng Bi hoặc Pb thấp và có điểm nóng chảy cao bị kết tủa trong quá trình đông tụ của chất hàn nóng chảy, và do đó, Bi hoặc Pb trong pha lỏng được cô đặc. Sau đó, nếu nhiệt độ của chất hàn nóng chảy giảm nữa, các pha tinh thể mà có nồng độ cao của Bi hoặc Pb và có điểm nóng chảy thấp trở nên bị phân cách. Vì lý do này, độ bền cơ học hoặc các đặc tính tương tự của hợp kim hàn giảm đi, và độ ổn định giảm đi. Do các pha tinh thể có nồng độ Bi cao cứng và giòn, độ ổn định giảm một cách đáng kể nếu các pha tinh thể trở nên bị phân cách trong hợp kim hàn.

Từ các quan điểm này, trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế chứa Bi, giới hạn trên của lượng Bi nhỏ hơn hoặc bằng 10.000 ppm, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 1.000 ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 600 ppm, và còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 500 ppm. Trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế chứa Pb, giới hạn trên của lượng Pb nhỏ hơn hoặc bằng 5.100 ppm, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 5.000 ppm, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc

bằng 1.000 ppm, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 850 ppm, và đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 500 ppm.

(6) Biểu thức (1)

Hợp kim hàn theo sáng chế cần thỏa mãn biểu thức (1) dưới đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \quad (1)$$

Trong biểu thức (1) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm) trong thành phần hợp kim.

Tất cả As, Sb, Bi, và Pb là các nguyên tố thể hiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc. Hàm lượng tổng cộng của chúng cần lớn hơn hoặc bằng 275. Lý do lượng As gấp đôi trong biểu thức (1) là do As có hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc tốt hơn so với Sb, Bi, hoặc Pb.

Nếu biểu thức (1) nhỏ hơn 275, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc không được thể hiện đầy đủ. Giới hạn dưới của biểu thức (1) lớn hơn hoặc bằng 275, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 350, và tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 1.200. Ngược lại, giới hạn trên của biểu thức (1) không bị giới hạn cụ thể từ quan điểm về hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc, nhưng tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 25.200, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 10.200, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 5.300, và đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 3.800 từ quan điểm về việc thiết đặt ΔT nằm trong khoảng thích hợp.

Trong các biểu thức (1a) và (1b) dưới đây, giới hạn trên và giới hạn dưới được chọn một cách thích hợp từ các khía cạnh được ưu tiên được mô tả trên đây.

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 25.200 \quad (1a)$$

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 5.300 \quad (1b)$$

Trong các biểu thức (1a) và (1b) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(7) Biểu thức (2)

Hợp kim hàn theo sáng chế cần thỏa mãn biểu thức (2) dưới đây.

$$0,01 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2)$$

Trong biểu thức (2) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Nếu các hàm lượng As và Sb cao, khả năng thấm ướt của hợp kim hàn giảm đi. Ngược lại, mặc dù Bi và Pb ngăn chặn sự giảm về khả năng thấm ướt do có As, nếu các hàm lượng Bi và Pb quá cao, ΔT tăng lên. Do đó, yêu cầu phải có sự quản lý chặt chẽ. Cụ thể là, ΔT dễ dàng tăng lên trong thành phần hợp kim trong đó Bi và Pb đồng thời có mặt. Xem xét các vấn đề này, nếu các hàm lượng Bi và Pb được tăng lên để cải thiện quá mức khả năng thấm ướt, ΔT sẽ lớn. Ngược lại, nếu lượng As hoặc Sb tăng lên để cải thiện hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc, khả năng thấm ướt giảm đi. Trong sáng chế, trong trường hợp trong đó các nguyên tố được chia thành nhóm gồm As và Sb và nhóm gồm Bi và Pb và lượng tổng cộng của cả hai nhóm nằm trong khoảng thích hợp được xác định trước, tất cả hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc, sự làm hẹp ΔT , và khả năng thấm ướt đều được đáp ứng.

Nếu biểu thức (2) nhỏ hơn 0,01, lượng tổng cộng của Bi và Pb sẽ lớn hơn tương đối so với lượng tổng cộng của As và Sb, và do đó, ΔT sẽ lớn. Giới hạn dưới của biểu thức (2) lớn hơn hoặc bằng 0,01, tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,02, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,41, còn tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,90, đặc biệt tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 1,00, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 1,40. Ngược lại, nếu biểu thức (2) lớn hơn 10,00, lượng tổng cộng của As và Sb sẽ lớn hơn tương đối so với lượng tổng cộng của Bi và Pb, và do đó, khả năng thấm ướt giảm đi. Giới hạn trên của biểu thức (2) nhỏ hơn hoặc bằng 10,00, tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 5,33, tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,50, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 4,18, còn tốt hơn nữa là nhỏ hơn hoặc bằng 2,67, và đặc biệt tốt hơn là nhỏ hơn hoặc bằng 2,30.

Mẫu số của biểu thức (2) là “Bi + Pb”, và nếu các nguyên tố này không có

mặt, biểu thức (2) không thỏa mãn. Có nghĩa là, hợp kim hàn theo sáng chế luôn luôn chứa ít nhất một trong số Bi và Pb. Trong thành phần hợp kim trong đó Bi và Pb không có mặt, khả năng thấm ướt giảm đi như được mô tả trên đây.

Trong biểu thức (2a) dưới đây, giới hạn trên và giới hạn dưới được chọn một cách thích hợp từ các khía cạnh được ưu tiên được mô tả trên đây.

$$0,31 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2a)$$

Trong biểu thức (2a) được thể hiện trên đây, mỗi Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

(8) Ag: từ 0% đến 4%

Ag là nguyên tố tùy ý có khả năng tạo thành Ag_3Sn tại mặt phân cách tinh thể để cải thiện độ ổn định của hợp kim hàn. Ngoài ra, Ag là nguyên tố mà điện thế ion hóa của nó trơ hơn Sn, và khi Ag tồn tại đồng thời với As, Pb, và Bi, các hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc của các nguyên tố này được xúc tiến. Hơn nữa, do lượng Ag nhỏ hơn hoặc bằng 4%, ngăn chặn được sự tăng ΔT một cách thích đáng. Lượng Ag tốt hơn là từ 0% đến 4%, tốt hơn nữa là từ 0,5% đến 3,5%, và còn tốt hơn nữa là từ 1,0% đến 3,0%.

(9) Biểu thức (3)

$$10,83 \leq Cu / Ni \leq 18,57 \quad (3)$$

Trong biểu thức (3) được mô tả trên đây, mỗi Cu và Ni biểu diễn lượng (% khối lượng) trong thành phần hợp kim.

Trong hợp kim hàn theo sáng chế, mong muốn là các lượng của các nguyên tố cấu thành nằm trong các khoảng được mô tả trên đây và Cu và Ni thỏa mãn biểu thức (3). Các nguyên tố cấu thành trong hợp kim hàn không đóng vai trò độc lập, nhưng có thể thể hiện các hiệu quả khác nhau chỉ khi các lượng của các nguyên tố cấu thành đều nằm trong các khoảng xác định trước. Do Cu và Ni có mối liên hệ của toàn bộ dung dịch rắn trong đồ thị cân bằng pha, điều này góp

phần lớn để ngăn cản sự phát triển của các hợp chất Sn-Cu tại mặt nổi hoặc ngăn cản sự tạo thành các hợp chất Sn-Cu-Ni. Theo đó, trong sáng chế, do lượng các nguyên tố cấu thành nằm trong các khoảng được mô tả trên đây và Cu và Ni thỏa mãn hệ thức được xác định trước, hiệu quả của sáng chế có thể được thể hiện đầy đủ hơn.

Biểu thức (3) tốt hơn là từ 10,83 đến 18,57 và tốt hơn nữa là từ 11,0 đến 15,0.

(10) Phần còn lại: Sn

Phần còn lại của hợp kim hàn theo sáng chế là Sn. Hợp kim hàn có thể chứa các tạp chất không thể tránh khỏi ngoài các nguyên tố được mô tả trên đây. Việc chứa các tạp chất không thể tránh khỏi không ảnh hưởng đến các hiệu quả được mô tả trên đây.

2. Bột hàn

Bột hàn theo sáng chế được sử dụng trong kem hàn được mô tả dưới đây và tốt hơn là bột có dạng hình cầu. Bột có dạng hình cầu cải thiện độ hóa lỏng của các hợp kim hàn. Bột hàn theo sáng chế tốt hơn là thỏa mãn các kích thước (phân bố kích thước hạt) thỏa mãn các ký hiệu từ 1 đến 8 trong việc phân loại (bảng 2) kích thước bột trong JIS Z 3284-1:2014. Các kích thước (phân bố kích thước hạt) thỏa mãn các ký hiệu từ 4 đến 8 được ưu tiên hơn và các kích thước (phân bố kích thước hạt) thỏa mãn các ký hiệu từ 5 đến 8 là được ưu tiên hơn nữa. Nếu đường kính hạt thỏa mãn các điều kiện này, ngăn chặn được sự tăng độ nhớt bởi vì diện tích bề mặt của bột không quá lớn và ngăn chặn được sự kết tụ bột mịn. Vì lý do này, có thể tiến hành hàn trên các phần mịn.

Độ cầu (sphericity) của bột hàn tốt hơn là lớn hơn hoặc bằng 0,90, tốt hơn nữa là lớn hơn hoặc bằng 0,95, và tốt nhất là lớn hơn hoặc bằng 0,99. Trong sáng chế, độ cầu của bột có dạng hình cầu được đo bằng hệ thống đo hình ảnh CNC (thiết bị đo Ultra Quick Vision ULTRA QV350-PRO do Mitutoyo Corporation

sản xuất) trong đó phương pháp tâm vùng tối thiểu (minimum zone center method) (phương pháp MZC) được sử dụng. Trong sáng chế, độ cầu biểu thị độ lệch từ hình cầu thực và là giá trị trung bình số học được tính khi, ví dụ, các đường kính của 500 viên bi được chia bởi các trục chính. Khi giá trị này gần 1,00 hơn mà là giới hạn trên, các viên bi càng gần với các hình cầu thực hơn.

3. Kem hàn

Kem hàn theo sáng chế chứa bột hàn được mô tả trên đây và chất trợ dung.

(1) Thành phần của chất trợ dung

Chất trợ dung được sử dụng trong kem hàn bao gồm một hoặc kết hợp của hai hoặc nhiều chất bất kỳ trong số axit hữu cơ, amin, amin hydrohalogenua, hợp chất halogen hữu cơ, tác nhân xúc biến, colophan, dung môi, chất hoạt động bề mặt, tác nhân bazơ, hợp chất polyme, tác nhân kết hợp silan, và chất màu.

Các ví dụ về các axit hữu cơ bao gồm axit succinic, axit glutaric, axit adipic, axit pimelic, axit suberic, axit azelaic, axit sebaxic, các axit dime, axit propionic, axit 2,2-bishydroxymethylpropionic, axit tartaric, axit malic, axit glycolic, axit diglycolic, axit thioglycolic, axit dithioglycolic, axit stearic, axit 12-hydroxystearic, axit palmitic, và axit oleic.

Các ví dụ về các amin bao gồm etylamin, trietylamin, etylendiamin, trietyltetramin, 2-metylimidazol, 2-undexylimidazol, 2-heptadexylimidazol, 1,2-dimetylimidazol, 2-etyl-4-metylimidazol, 2-phenylimidazol, 2-phenyl-4-metylimidazol, 1-benzyl-2-metylimidazol, 1-benzyl-2-phenylimidazol, 1-xyanoetyl-2-metylimidazol, 1-xyanoetyl-2-undexylimidazol, 1-xyanoetyl-2-etyl-4-metylimidazol, 1-xyanoetyl-2-phenylimidazol, 1-xyanoetyl-2-undexylimidazoli trimellitat, 1-xyanoetyl-2-phenylimidazoli trimellitat, 2,4-diamino-6-[2'-metylimidazolyl-(1')]-etyl-s-triazin, 2,4-diamino-6-[2'-undexylimidazolyl-(1')]-etyl-s-triazin, 2,4-diamino-6-[2'-etyl-4'-metylimidazolyl-(1')]-etyl-s-triazin, sản phẩm cộng axit 2,4-diamino-6-[2'-

metylimidazolyl-(1'))-etyl-s-triazin-isocyanuric, sản phẩm cộng axit 2-phenylimidazol-isocyanuric, 2-phenyl-4,5-dihydroxymetylimidazol, 2-phenyl-4-metyl-5-hydroxymetylimidazol, 2,3-dihydro-1H-pyrrolo[1,2-a]benzimidazol, 1-dodexyl-2-metyl-3-benzylimidazoli clorua, 2-metylimidazolin, 2-phenylimidazolin, 2,4-diamino-6-vinyl-s-triazin, sản phẩm cộng axit 2,4-diamino-6-vinyl-s-triazin-isocyanuric, 2,4-diamino-6-methacryloyloxyetyl-s-triazin, sản phẩm cộng epoxy-imidazol, 2-metylbenzimidazol, 2-octylbenzimidazol, 2-pentylbenzimidazol, 2-(1-etylpenyl)-benzimidazol, 2-nonylbenzimidazol, 2-(4-thiazolyl)benzimidazol, benzimidazol, 2-(2'-hydroxy-5'-metylphenyl)benzotriazol, 2-(2'-hydroxy-3'-tert-butyl-5'-metylphenyl)-5-clobenzotriazol, 2-(2'-hydroxy-3',5'-di-tert-amylphenyl)benzotriazol, 2-(2'-hydroxy-5'-tert-octylphenyl) benzotriazol, 2,2'-metylenbis[6-(2H-benzotriazol-2-yl)-4-tert-octylphenol], 6-(2-benzotriazolyl)-4-tert-octyl-6'-tert-butyl-4'-metyl-2,2'-metylenbisphenol, 1,2,3-benzotriazol, 1-[N,N-bis(2-etylhexyl)aminometyl]benzotriazol, carboxybenzotriazol, 1-[N,N-bis(2-etylhexyl)aminometyl] metylbenzotriazol, 2,2'-[[metyl-1H-benzotriazol-1-yl) metyl]imino]bisethanol, 1-(1',2'-dicarboxyetyl)benzotriazol, 1-(2,3-dicarboxypropyl)benzotriazol, 1-[(2-etylhexyl amino)metyl]benzotriazol, 2,6-bis[(1H-benzotriazol-1-yl) metyl]-4-metylphenol, 5-metylbenzotriazol, và 5-phenyltetrazol.

Amin hydrohalogenua là hợp chất nhận được bằng phản ứng giữa amin và hydro halogenua, và các ví dụ về các amin bao gồm etylamin, etylendiamin, trietylamin, diphenylguanidin, ditolylguanidin, và metylimidazol, và 2-etyl-4-metylimidazol, và các ví dụ về các hydro halogenua bao gồm các hydrua của clo, brom, và iot.

Các ví dụ về các hợp chất halogen hữu cơ bao gồm trans-2,3-dibromo-2-buten-1,4-diol, triallyl isoxyanurat hexabromit, 1-bromo-2-butanol, 1-bromo-2-propanol, 3-bromo-1-propanol, 3-bromo-1,2-propandiol, 1,4-dibromo-2-butanol,

1,3-dibromo-2-propanol, 2,3-dibromo-1-propanol, 2,3-dibromo-1,4-butandiol, và 2,3-dibromo-2-buten-1,4-diol.

Các ví dụ về các tác nhân xúc biến bao gồm tác nhân xúc biến trên cơ sở sáp, tác nhân xúc biến trên cơ sở amit, và tác nhân xúc biến trên cơ sở sorbitol. Các ví dụ về tác nhân xúc biến trên cơ sở sáp bao gồm dầu thầu dầu hydro hóa. Các ví dụ về các tác nhân xúc biến trên cơ sở amit bao gồm tác nhân xúc biến trên cơ sở monoamit, các tác nhân xúc biến trên cơ sở bisamit, và các tác nhân xúc biến trên cơ sở polyamit, và các ví dụ cụ thể của chúng bao gồm amit của axit lauric, amit của axit palmitic, amit của axit stearic, amit của axit behenic, amit của axit hydroxystearic, các amit của axit béo no, amit của axit oleic, amit của axit erucic, các amit của axit béo không no, p-toluen metan amit, amit thơm, amit của axit metylenbisstearic, amit của axit etylenbislauric, amit của axit etylenbishydroxystearic, bisamit của axit béo no, bisamit của axit metylenoleic, bisamit của axit béo không no, bisamit của axit m-xylylenestearic, bisamit thơm, polyamit của axit béo no, polyamit của axit béo không no, polyamit thơm, các amit được thế, amit của axit metylol stearic, metylol amit, và các este amit của axit béo. Các ví dụ về các tác nhân xúc biến trên cơ sở sorbitol bao gồm dibenzyliden-D-sorbitol và bis(4-metylbenzyliden)-D-sorbitol.

Các ví dụ về các tác nhân bazơ bao gồm các chất hoạt động bề mặt không ion, các chất hoạt động bề mặt cation yếu, và colophan.

Các ví dụ về các chất hoạt động bề mặt không ion bao gồm polyetylen glycol, copolyme polyetylen glycol-polypropylen glycol, sản phẩm cộng rượu béo-polyoxyetylen, sản phẩm cộng rượu thơm-polyoxyetylen, và sản phẩm cộng rượu polyhydric-polyoxyetylen.

Các ví dụ về các chất hoạt động bề mặt cation yếu bao gồm polyetylen glycol diamin ở cuối, copolyme polyetylen glycol-polypropylen glycol diamin ở cuối, sản phẩm cộng amin-polyoxyetylen béo, sản phẩm cộng amin-polyoxyetylen thơm, và sản phẩm cộng amin-polyoxyetylen đa hóa trị.

Các ví dụ về colophan bao gồm colophan thô như colophan gôm, colophan gổ, và colophan dầu nhựa thông, và các dẫn xuất thu được từ colophan thô. Các ví dụ về các dẫn xuất này bao gồm colophan được tinh chế, colophan hydro hóa, colophan không tỷ lệ, colophan polyme hóa, sản phẩm biến tính axit carboxylic không no α,β (như colophan acrylat hóa, colophan maleat hóa, hoặc colophan fumarat hóa), sản phẩm được tinh chế, hydrua, và sản phẩm không tỷ lệ của colophan polyme hóa, và sản phẩm được tinh chế, hydrua, và sản phẩm không tỷ lệ của các sản phẩm biến tính axit carboxylic không no α,β , và hai hoặc nhiều loại của chúng có thể được sử dụng. Ngoài nhựa colophan, chất trợ dung có thể còn chứa ít nhất một nhựa được chọn từ nhựa terpen, nhựa terpen biến tính, nhựa terpen phenol, nhựa terpen phenol biến tính, nhựa styren, nhựa styren biến tính, nhựa xylen, và nhựa xylen biến tính. Nhựa terpen biến tính thơm, nhựa terpen hydro hóa, nhựa terpen biến tính hydro hóa thơm, hoặc các hợp chất tương tự có thể được sử dụng làm nhựa terpen biến tính. Nhựa terpen phenol hydro hóa hoặc các hợp chất tương tự có thể được sử dụng làm nhựa terpen phenol biến tính. Nhựa styren-acrylic, nhựa của axit styren-maleic, hoặc các hợp chất tương tự có thể được sử dụng làm nhựa styren biến tính. Các ví dụ về các nhựa xylen biến tính bao gồm nhựa xylen biến tính phenol, nhựa xylen biến tính alkylphenol, nhựa xylen loại resol biến tính phenol, nhựa xylen biến tính polyol, và nhựa xylen bổ sung polyoxyetylen.

Các ví dụ về các dung môi bao gồm nước, dung môi rượu, dung môi trên cơ sở glycol ete, và các terpineol. Các ví dụ về các dung môi rượu bao gồm rượu isopropyl, 1,2-butandiol, isobornyl xyclohexanol, 2,4-dietyl-1,5-pentandiol, 2,2-dimetyl-1,3-propandiol, 2,5-dimetyl-2,5-hexandiol, 2,5-dimetyl-3-hexyn-2,5-diol, 2,3-dimetyl-2,3-butandiol, 1,1,1-tris(hydroxymetyl)etan, 2-etyl-2-hydroxymetyl-1,3-propandiol, 2,2'-oxybis(metylen)bis(2-etyl-1,3-propandiol), 2,2-bis(hydroxymetyl)-1,3-propandiol, 1,2,6-trihydroxyhexan, bis[2,2,2-tris(hydroxymetyl)etyl]ete, 1-ethynyl-1-xyclohexanol, 1,4-xyclohexandiol, 1,4-xyclohexan dimethanol, erythritol, threitol, guaiacol glycerol ete, 3,6-dimetyl-4-

octyn-3,6-diol, và 2,4,7,9-tetrametyl-5-decyn-4,7-diol. Các ví dụ về các dung môi trên cơ sở glycol ete bao gồm dietylen glycol mono-2-ethylhexyl ete, etylen glycol monophenyl ete, 2-metylpentan-2,4-diol, dietylen glycol monohexyl ete, dietylen glycol dibutyl ete, và trietylen glycol monobutyl ete.

Các ví dụ về các chất hoạt động bề mặt bao gồm các polyoxyalkylen axetylen glycol, polyoxyalkylen glyxeryl ete, polyoxyalkylen alkyl ete, polyoxyalkylen este, polyoxyalkylen alkylamin, và polyoxyalkylen alkylamit.

(2) Lượng của chất trợ dung

Lượng của chất trợ dung dựa trên tổng khối lượng của kem hàn tốt hơn là từ 5% đến 95% và tốt hơn nữa là từ 5% đến 15%. Trong các khoảng này, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc do bột hàn được thể hiện đầy đủ.

(3) Phương pháp sản xuất kem hàn

Kem hàn theo sáng chế được sản xuất bằng phương pháp thông thường trong lĩnh vực kỹ thuật này. Đầu tiên, các phương pháp đã biết rõ như phương pháp giọt trong đó vật liệu hàn nóng chảy được bổ sung theo từng giọt để thu được các hạt, phương pháp phun trong đó vật liệu hàn nóng chảy được phun ly tâm, và phương pháp trong đó vật liệu hàn rời được tán có thể được sử dụng để tạo thành bột hàn. Trong phương pháp giọt hoặc phương pháp phun, việc nhỏ giọt hoặc việc phun tốt hơn là được tiến hành trong khí quyển trơ hoặc dung môi để tạo thành các hạt. Các thành phần được mô tả trên đây có thể được gia nhiệt và được trộn với nhau để điều chế chất trợ dung, bột hàn được mô tả trên đây hoặc, trong một số trường hợp, bột ziricon oxit có thể được đưa vào chất trợ dung, và hỗn hợp này có thể được khuấy và được trộn để sản xuất kem hàn.

4. Mỗi nối hàn

Mỗi nối hàn theo sáng chế thích hợp để sử dụng để nối vi mạch IC với nền của nó (lớp trung gian) trong gói bán dẫn hoặc nối gói bán dẫn với tấm mạch in. Ở đây, “mỗi nối hàn” có nghĩa là phần nối của các điện cực.

5. Các vấn đề khác

Hợp kim hàn theo sáng chế có thể có hình dạng dây ngoài việc được sử dụng làm bột hàn như được mô tả trên đây.

Phương pháp sản xuất mỗi nối hàn theo sáng chế có thể được tiến hành theo phương pháp thông thường.

Phương pháp liên kết trong đó kem hàn theo sáng chế được sử dụng có thể được tiến hành theo phương pháp thông thường sử dụng, ví dụ, phương pháp đối lưu. Nhiệt độ nóng chảy của các hợp kim hàn trong trường hợp tiến hành hàn theo dòng về cơ bản có thể lớn hơn khoảng 20°C so với nhiệt độ đường lỏng. Ngoài ra, trong trường hợp trong đó hợp kim hàn theo sáng chế được sử dụng cho liên kết, ưu tiên là xem xét tốc độ làm nguội trong khi hóa rắn từ quan điểm về sự thu nhỏ cấu trúc. Ví dụ, mỗi nối hàn được làm nguội ở tốc độ làm nguội lớn hơn hoặc bằng $2^{\circ}\text{C}/\text{giây}$ đến $3^{\circ}\text{C}/\text{giây}$. Các điều kiện liên kết khác có thể được điều chỉnh một cách thích hợp theo thành phần hợp kim của hợp kim hàn.

Vật liệu tia α thấp có thể được sử dụng làm nguyên liệu của hợp kim hàn theo sáng chế để sản xuất hợp kim tia α thấp. Nếu hợp kim tia α thấp được sử dụng để tạo thành các bướu hàn hàn (solder bump) xung quanh bộ nhớ, các lỗi mềm có thể được ngăn chặn.

Ví dụ thực hiện sáng chế

Sáng chế sẽ được mô tả sử dụng các ví dụ sau đây, nhưng sáng chế không bị giới hạn ở các ví dụ này.

Các hợp kim hàn được thể hiện trong các ví dụ và các ví dụ so sánh trong các bảng từ 1 đến 6 được sử dụng để đánh giá 1. Sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu, 2. Sự ngăn cản tạo thành Sn-Cu-Ni trong bướu hàn, 3. Sự ngăn chặn sự làm đặc, 4. ΔT , và 5. Khả năng thấm ướt hàn.

1. Sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu

Tấm Cu để trần được phủ bằng chất trợ dung giống như dạng lỏng được nhúng vào chất hàn nóng chảy mà được gia nhiệt đến 280°C và có các thành phần hợp kim được thể hiện trong các bảng từ 1 đến 6 để sản xuất tấm Cu được phủ chất hàn. Tấm Cu được phủ chất hàn này được gia nhiệt trong 300 giờ trên tấm nóng được gia nhiệt đến 150°C . Trong ảnh chụp mặt cắt ngang bằng kính hiển vi điện tử quét (SEM) của hợp kim hàn sau khi làm nguội, ba vị trí tùy chỉnh nằm trong khoảng $300\text{ }\mu\text{m} \times 300\text{ }\mu\text{m}$ được quan sát, và kích thước hạt tinh thể cực đại của hợp chất liên kim loại nhận được.

Trong các ví dụ này, liên quan đến kích thước hạt tinh thể cực đại, hạt tinh thể lớn nhất được chọn bằng mắt trong số các hợp chất liên kim loại được nhận dạng từ hình ảnh nhận được, và hai tiếp tuyến song song được vẽ trên hạt tinh thể được chọn sao cho tối đa hóa khoảng cách giữa chúng mà được coi là kích thước hạt tinh thể cực đại.

Trong trường hợp trong đó giá trị cực đại của kích cỡ hạt tinh thể nhỏ hơn $5\text{ }\mu\text{m}$, sẽ được đánh giá là “O”, và trong trường hợp trong đó giá trị cực đại của nó lớn hơn hoặc bằng $5\text{ }\mu\text{m}$, sẽ được đánh giá là “X”.

2. Sự ngăn cản tạo thành Sn-Cu-Ni trong bướu hàn

Tấm Cu được phủ chất hàn được sản xuất theo cách giống như trong “1.” được mô tả trên đây, ba vị trí tùy chỉnh tại mặt phân cách giữa tấm Cu và hợp kim hàn được quan sát theo phương pháp giống như trong “1.” được mô tả trên đây để kiểm tra sự có mặt hoặc vắng mặt của các hợp chất Sn-Cu-Ni trong hợp kim hàn. Trong trường hợp trong đó sự tạo thành các hợp chất Sn-Cu-Ni không được quan sát trong vùng lân cận của mặt phân cách của hợp kim hàn ở tất cả các vị trí, sẽ được đánh giá là “O”, và trong trường hợp trong đó sự tạo thành các hợp chất Sn-Cu-Ni được quan sát tại ít nhất một vị trí, sẽ được đánh giá là “X”.

3. Sự ngăn chặn sự làm đặc

Chất trợ dung được điều chỉnh để chứa 42 phần theo khối lượng colophan,

35 phần theo khối lượng dung môi glycol, 8 phần theo khối lượng tác nhân xúc biến, 10 phần theo khối lượng axit hữu cơ, 2 phần theo khối lượng amin, và 3 phần theo khối lượng halogen được trộn với bột hàn mà có các thành phần hợp kim được thể hiện trong các bảng từ 1 đến 6 và có các kích thước (phân bố kích thước hạt) thỏa mãn ký hiệu 4 trong việc phân loại (bảng 2) của kích thước bột theo JIS Z 3284-1:2014 để sản xuất kem hàn. Tỷ lệ khối lượng của chất trợ dung so với bột hàn là chất trợ dung : bột hàn = 11:89. Sự thay đổi về độ nhớt của mỗi kem hàn theo thời gian được đo. Ngoài ra, các nhiệt độ đường lỏng và các nhiệt độ đường rắn của các bột hàn được đo. Hơn nữa, khả năng thấm ướt được đánh giá sử dụng các kem hàn ngay sau khi sản xuất. Các chi tiết như sau.

Độ nhớt của mỗi kem hàn ngay sau khi sản xuất được đo bằng PCU-205 do Malcolm Co., Ltd. sản xuất với tần suất quay 10 vòng/phút, 25°C, và trong không khí khô trong 12 giờ. Nếu độ nhớt sau 12 giờ là 1,2 lần hoặc thấp hơn so với độ nhớt sau khoảng thời gian 30 phút từ khi sản xuất mỗi kem hàn, sẽ được đánh giá là “O” điều này có nghĩa là nhận được hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc đầy đủ. Trong trường hợp trong đó độ nhớt sau 12 giờ vượt quá 1,2 lần, sẽ được đánh giá là “X”.

4. ΔT

Đối với bột hàn trước khi được trộn với chất trợ dung, DSC được đo bằng EXSTAR DSC7020, số model, do SII NanoTechnology Inc. sản xuất với lượng của mẫu khoảng 30 mg và tốc độ tăng nhiệt độ là 15°C/phút để thu được nhiệt độ đường rắn và nhiệt độ đường lỏng. Nhiệt độ đường rắn nhận được trừ từ nhiệt độ đường lỏng nhận được để thu được ΔT . Trong trường hợp trong đó ΔT nhỏ hơn hoặc bằng 15°C, sẽ được đánh giá là “O”. Trong trường hợp trong đó ΔT lớn hơn 15°C, sẽ được đánh giá là “X”.

5. Khả năng thấm ướt hàn

Thử nghiệm khả năng trải rộng thấm ướt được tiến hành theo trình tự “1.”

và “2.” dưới đây sử dụng các bi hàn mà được làm từ các hợp kim hàn được thể hiện trong bảng 1 và có đường kính 0,3 mm. Vật liệu nền được sử dụng là nền epoxy thủy tinh 1,2 mm (FR-4).

1. Flux WF-6400 do Senju Metal Industry Co., Ltd. sản xuất được in trên nền được mô tả trên đây, điện cực Cu có hình dạng khe 0,24 mm × 16 mm được tạo thành trên đó, chiều dày 0,24 mmφ × 0,1 mm, các bi hàn được lắp trên đó, nhiệt độ được giữ trong khoảng nhiệt độ 220°C hoặc cao hơn trong 40 giây, và tiến hành đối lưu trong điều kiện mà nhiệt độ đỉnh được đặt ở 245°C.

2. Diện tích trải rộng thấm ướt được đo bằng kính hiển vi nhìn nổi, và khả năng trải rộng thấm ướt lớn hơn hoặc bằng 0,75 mm² được xác định là “O”. Khả năng trải rộng thấm ướt nhỏ hơn 0,75 mm² được xác định là “×”.

· Đánh giá toàn diện

Trong trường hợp trong đó tất cả các thử nghiệm được mô tả trên đây đạt được “O”, sẽ được đánh giá là “O”, và trong trường hợp trong đó ít nhất một thử nghiệm đạt được “×”, sẽ được đánh giá là “×”.

Các kết quả đánh giá được thể hiện trong các bảng từ 1 đến 6.

Bảng 1

	Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ce, và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)										Biểu thức (1): 2As + Sb + Bi + Pb	Biểu thức (2): (2As + Sb) / (Bi + Pb)	Biểu thức (3): Cu/ Ni	Sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu	Sự ngăn cản tạo thành Sn- Cu-Ni trong bướu hàn	Sự ngăn cản sự lâm đặc	ΔT	Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ce	Ni	As	Sb	Bi	Pb										
Ví dụ 1	Phần còn lại	-	0,55	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	11,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 2	Phần còn lại	-	0,60	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	12,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 3	Phần còn lại	-	0,70	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	14,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 4	Phần còn lại	-	0,75	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	15,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 5	Phần còn lại	-	0,65	0,0150	0,0350	100	200	200	200	800	1,00	18,57	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 6	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0550	100	200	200	200	800	1,00	11,82	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 7	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0600	100	200	200	200	800	1,00	10,83	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 8	Phần còn lại	-	0,65	0,0035	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 9	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 10	Phần còn lại	-	0,65	0,0100	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 11	Phần còn lại	-	0,65	0,0120	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 12	Phần còn lại	-	0,65	0,0200	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 13	Phần còn lại	-	0,65	0,0040	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 14	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 15	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0350	100	200	200	200	800	1,00	18,57	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 16	Phần còn lại	1,0	0,65	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 17	Phần còn lại	2,0	0,65	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 18	Phần còn lại	3,0	0,65	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ 19	Phần còn lại	4,0	0,65	0,0080	0,0500	100	200	200	200	800	1,00	13,00	O	O	O	O	O	O	O
Ví dụ so sánh 1	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,0500	100	0	0	0	200	=	13,00	O	O	O	x	x	O	x
Ví dụ so sánh 2	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	=	100	0	0	0	200	=	=	x	O	O	x	O	x	x
Ví dụ so sánh 3	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	0	0	0	200	=	13,00	O	O	O	x	O	x	x
Ví dụ so sánh 4	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0030	100	0	0	0	200	=	216,67	x	O	O	x	O	x	x
Ví dụ so sánh 5	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0100	100	0	0	0	200	=	65,00	x	O	O	x	O	x	x
Ví dụ so sánh 6	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,1000	100	0	0	0	200	=	6,50	O	O	x	x	O	x	x
Các vị trí gạch chân biểu thị rằng các giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.																			

Bảng 2

Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ge, và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)		Ag	Cu	Ge	Ni	As	Sb	Bi	Pb	Biểu thức (1): 2As + Sb + Bi + Pb	Biểu thức (2): 2As (3): Cu / Ni (Bi + Pb)	Sự ngân cán phát triển IMC đối với Cu	Sự ngân cán tạo thành Sn- Cu-Ni trong bước hàn	Sự ngân chấn sự làm đặc	ΔT	Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện
Sn	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	25	25	25	275	4.50	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	50	25	0	275	10.00	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	75	0	275	2.67	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	0	75	275	2.67	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0350	100	50	50	50	350	2.50	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	50	100	100	50	350	1.33	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0600	300	0	300	300	1.200	1.00	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	200	300	250	250	1.200	1.40	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	500	250	250	1.200	1.40	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	200	50	600	850	1.900	0.31	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	200	500	1.000	0	1.900	0.90	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	200	500	1.000	0	1.900	0.90	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	200	500	0	1.000	1.900	0.90	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	25	500	350	1.000	1.900	0.41	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0350	100	3.000	300	300	3.800	5.33	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	0	5.100	5.300	0.04	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	10.000	0	10.200	0.02	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	10.000	5.000	15.200	0.01	13.00	O	O	O	O	O
	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	0	100	100	100	300	0.50	13.00	O	x	O	O	x
Ví dụ so sánh 7	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	25	25	25	25	125	1.50	13.00	O	x	O	O	x
Ví dụ so sánh 8	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	300	50	50	50	1.200	11.00	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 9	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	300	50	50	25	1.900	37.00	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 10	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	350	1.150	25	25	2.600	12.00	13.00	O	O	O	O	x
Ví dụ so sánh 11	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	800	800	100	100	2.600	12.00	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 12	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	250	4.800	1	0	5.301	5.300,00	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 13	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	800	3.500	100	100	5.300	25.50	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 14	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	10.000	1	0	10.201	10.200,00	13.00	O	O	O	x	x
Ví dụ so sánh 15	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	100	25.000	25.000	50.300	0,006	13.00	O	O	x	O	x
Ví dụ so sánh 16	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	100	70.000	0	70.300	0,00429	13.00	O	O	x	O	x
Ví dụ so sánh 17	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	100	0	50.000	50.300	0,006	13.00	O	O	x	O	x
Ví dụ so sánh 18	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	300	3.000	0	0	3.600	=	13.00	O	O	x	O	x
Ví dụ so sánh 19	Phần còn lại	-	0.65	0.0100	0.0500	100	0	100	25.000	25.300	0,00797	13.00	O	O	x	O	x
Các vị trí gạch chân biểu thị rằng các giá trị số nằm ngoài khoảng của sáng chế.																	

Bảng 3

	Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ge, và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)									Biểu thức (1): 2As + Sb + Bi + Pb	Biểu thức (2): 2As + Sb / (Bi + Pb)	Biểu thức (3): Cu / Ni	Sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu	Sự ngăn cản tạo thành Sn- Cu-Ni trong bướn hàn	Sự ngăn chặn sự lâm đặc	ΔT	Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ge	Ni	As	Sb	Bi	Pb									
Ví dụ 38	Phần còn lại	-	0,70	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	14,00			O		O	
Ví dụ 39	Phần còn lại	-	0,75	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	15,00			O		O	
Ví dụ 40	Phần còn lại	-	0,65	0,0150	0,0350	100	25	25	25	275	4,50	18,57			O		O	
Ví dụ 41	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	11,82			O		O	
Ví dụ 42	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0600	100	25	25	25	275	4,50	10,83			O		O	
Ví dụ 43	Phần còn lại	-	0,65	0,0035	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 44	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 45	Phần còn lại	-	0,65	0,0100	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 46	Phần còn lại	-	0,65	0,0120	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 47	Phần còn lại	-	0,65	0,0200	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 48	Phần còn lại	-	0,65	0,0040	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 49	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 50	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0350	100	25	25	25	275	4,50	18,57			O		O	
Ví dụ 51	Phần còn lại	1,0	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 52	Phần còn lại	2,0	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 53	Phần còn lại	3,0	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	
Ví dụ 54	Phần còn lại	4,0	0,65	0,0080	0,0500	100	25	25	25	275	4,50	13,00			O		O	

Bảng 4

	Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ce, và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)										Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện		
	Sn	Ag	Cu	Ce	Ni	As	Sb	Bi	Pb	ΔT				
Ví dụ 55	Phần còn lại	-	0,70	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	14,00	O	O
Ví dụ 56	Phần còn lại	-	0,75	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	15,00	O	O
Ví dụ 57	Phần còn lại	-	0,65	0,0150	0,0350	100	50	25	1	276	9,62	18,57	O	O
Ví dụ 58	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0550	100	50	25	1	276	9,62	11,82	O	O
Ví dụ 59	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0600	100	50	25	1	276	9,62	10,83	O	O
Ví dụ 60	Phần còn lại	-	0,65	0,0035	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 61	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 62	Phần còn lại	-	0,65	0,0100	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 63	Phần còn lại	-	0,65	0,0120	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 64	Phần còn lại	-	0,65	0,0200	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 65	Phần còn lại	-	0,65	0,0040	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 66	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 67	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0350	100	50	25	1	276	9,62	18,57	O	O
Ví dụ 68	Phần còn lại	1,0	0,65	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 69	Phần còn lại	2,0	0,65	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 70	Phần còn lại	3,0	0,65	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O
Ví dụ 71	Phần còn lại	4,0	0,65	0,0080	0,0500	100	50	25	1	276	9,62	13,00	O	O

Bảng 5

	Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ge, và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)											Biểu thức (1): 2As + Sb + Bi + Pb	Biểu thức (2): (2As + Sb)/(Bi + Pb)	Biểu thức (3): Cu/Ni	Sự ngắn cân phát triển IMC đối với Cu	Sự ngắn cân tạo thành Sn-Cu-Ni trong bước hàn	Sự ngắn chặn sự lan đặc	ΔT	Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ge	Ni	As	Sb	Bi	Pb											
Ví dụ 72	Phần còn lại	-	0,70	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		14,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 73	Phần còn lại	-	0,75	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		15,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 74	Phần còn lại	-	0,65	0,0150	0,0350	100	10	10,000	10	10,220	0,02		18,57	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 75	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0550	100	10	10,000	10	10,220	0,02		11,82	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 76	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0600	100	10	10,000	10	10,220	0,02		10,83	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 77	Phần còn lại	-	0,65	0,0035	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 78	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 79	Phần còn lại	-	0,65	0,0100	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 80	Phần còn lại	-	0,65	0,0120	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 81	Phần còn lại	-	0,65	0,0200	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 82	Phần còn lại	-	0,65	0,0040	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 83	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 84	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,0350	100	10	10,000	10	10,220	0,02		18,57	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 85	Phần còn lại	1,0	0,65	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 86	Phần còn lại	2,0	0,65	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 87	Phần còn lại	3,0	0,65	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○
Ví dụ 88	Phần còn lại	4,0	0,65	0,0080	0,0500	100	10	10,000	10	10,220	0,02		13,00	○	○	○	○	○	○	○

Bảng 6

	Thành phần hợp kim (% khối lượng đối với Ag, Cu, Ge và Ni và ppm khối lượng đối với As, Sb, Bi, và Pb)													Biểu thức (2): (2As + Sb) / (Bi + Pb)	Biểu thức (3): Cu / Ni	Sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu	Sự ngăn cản tạo thành Sn-Cu-Ni trong bước hàn	Sự ngăn chặn sự làm đặc	ΔT	Khả năng thấm ướt hàn	Đánh giá toàn diện
	Sn	Ag	Cu	Ge	Ni	As	Sb	Bi	Pb												
Ví dụ 89	Phần còn lại	-	0,70	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	14,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 90	Phần còn lại	-	0,75	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	15,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 91	Phần còn lại	-	0,65	0,0150	0,035	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	18,57	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 92	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,055	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	11,82	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 93	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,060	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	10,83	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 94	Phần còn lại	-	0,65	0,0035	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 95	Phần còn lại	-	0,65	0,0050	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 96	Phần còn lại	-	0,65	0,0100	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 97	Phần còn lại	-	0,65	0,0120	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 98	Phần còn lại	-	0,65	0,0200	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 99	Phần còn lại	-	0,65	0,0040	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 100	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 101	Phần còn lại	-	0,65	0,0080	0,035	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	18,57	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 102	Phần còn lại	1,0	0,65	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 103	Phần còn lại	2,0	0,65	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 104	Phần còn lại	3,0	0,65	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			
Ví dụ 105	Phần còn lại	4,0	0,65	0,0080	0,050	100	10	10.000	5.000	15.210	0,01	13,00	○	○	○	○	○	○			

Do các ví dụ từ 1 đến 105 thỏa mãn tất cả các yêu cầu của sáng chế với thành phần hợp kim bất kỳ như được thể hiện trong các bảng từ 1 đến 6, đã đánh giá được rằng sự ngăn cản phát triển IMC đối với Cu, sự ngăn cản tạo thành Sn-Cu-Ni tại burou hàn, hiệu quả ngăn chặn sự làm đặc, sự làm hẹp ΔT , và khả năng thấm ướt hàn nổi trội được thể hiện tại cùng thời điểm. Ngược lại, do các ví dụ so sánh từ 1 đến 19 không thỏa mãn ít nhất một trong số các yêu cầu của sáng chế với tất cả các thành phần hợp kim, đã đánh giá được rằng ít nhất một trong số các đặc tính này bị giảm đi.

YÊU CẦU BẢO HỘ

1. Hợp kim hàn mà có thành phần hợp kim chứa từ 0,55 đến 0,75 % khối lượng Cu, từ 0,0350 đến 0,0600 % khối lượng Ni, từ 0,0035 đến 0,0200 % khối lượng Ge, và từ 25 đến 300 ppm khối lượng As, ít nhất một trong số từ 0 đến 3.000 ppm khối lượng Sb, từ 0 đến 10.000 ppm khối lượng Bi, và từ 0 đến 5.100 ppm khối lượng Pb, và phần còn lại là Sn, và thỏa mãn các biểu thức từ (1) đến (3) dưới đây

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \quad (1)$$

$$0,01 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \quad (2)$$

$$10,83 \leq Cu / Ni \leq 18,57 \quad (3)$$

trong các biểu thức từ (1) đến (3) được thể hiện trên đây, mỗi Cu, Ni, As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

2. Hợp kim hàn theo điểm 1,

trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (1a) dưới đây

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 25.200 \quad (1a)$$

trong biểu thức (1a) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

3. Hợp kim hàn theo điểm 1,

trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (1b) dưới đây

$$275 \leq 2As + Sb + Bi + Pb \leq 5.300 \quad (1b)$$

trong biểu thức (1b) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

4. Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 3,

trong đó thành phần hợp kim còn thỏa mãn biểu thức (2a) dưới đây

$$0,31 \leq (2As + Sb) / (Bi + Pb) \leq 10,00 \text{ (2a)}$$

trong biểu thức (2a) được thể hiện trên đây, mỗi As, Sb, Bi, và Pb biểu diễn lượng (ppm khối lượng) trong thành phần hợp kim.

5. Hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 4,
trong đó thành phần hợp kim còn chứa từ 0 đến 4 % khối lượng Ag.
6. Bột hàn được tạo thành từ hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.
7. Kem hàn bao gồm bột hàn theo điểm 6 mà không chứa bột hàn khác với bột hàn theo điểm 6.
8. Mỗi nối hàn bao gồm hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5 mà không chứa hợp kim hàn khác với hợp kim hàn theo điểm bất kỳ trong số các điểm từ 1 đến 5.