

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 628 028**

51 Int. Cl.:

B23K 35/26	(2006.01)
B23K 35/02	(2006.01)
C22C 13/00	(2006.01)
C22C 13/02	(2006.01)
B23K 1/002	(2006.01)
B23K 1/012	(2006.01)
B23K 1/19	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2013 PCT/GB2013/052624**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14057261**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2013 E 13777315 (6)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.05.2017 EP 2773484**

54 Título: **Soldadura de estaño libre de plomo y libre de antimonio fiable a altas temperaturas**

30 Prioridad:

09.10.2012 US 201261711277 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

01.08.2017

73 Titular/es:

**ALPHA ASSEMBLY SOLUTIONS INC. (100.0%)
245 Freight Street
Waterbury CT 06702, US**

72 Inventor/es:

**CHOUDHURY, PRITHA;
DE AVILA RIBAS, MORGANA;
MUKHERJEE, SUTAPA;
KUMAR, ANIL;
SARKAR, SIULI;
PANDHER, RANJIT;
BHATKAL, RAVI y
SINGH, BAWA**

74 Agente/Representante:

UNGRÍA LÓPEZ, Javier

ES 2 628 028 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Soldadura de estaño libre de plomo y libre de antimonio fiable a altas temperaturas

5 La presente invención se refiere en general al campo de la metalurgia y a una aleación y, en particular, a una aleación de soldadura sin plomo y sin antimonio. La aleación es adecuada en particular, aunque no exclusivamente, para su uso en aplicaciones de soldadura electrónica, tales como soldadura por ola, tecnología de montaje superficial, nivelación por aire caliente y matrices de rejilla de bolas, matrices de rejilla de tierra, paquetes terminados en la parte inferior, LED y paquetes a escala de chip.

10 La soldadura por ola (o flujo de soldadura) es un método ampliamente utilizado de soldadura de masas de ensamblajes electrónicos. Se puede utilizar, por ejemplo, para placas de circuito pasante, donde el tablero se hace pasar sobre una ola de soldadura fundida, que traspasa la parte inferior de la junta para humedecer las superficies metálicas a unir.

15 Otra técnica de soldadura implica la impresión de la pasta de soldadura sobre las almohadillas de soldadura en placas de circuito impreso, seguido de la colocación y el envío de todo el conjunto a través de un horno de reflujo. Durante el proceso de reflujo, la soldadura se funde y moja las superficies de soldadura en las juntas, y los componentes.

20 Otro proceso de soldadura implica la inmersión de las placas de circuito impresas en soldadura fundida a fin de recubrir las terminaciones de cobre con una capa protectora soldable. Este proceso se conoce como nivelación por aire caliente.

25 Una unión de matriz de rejilla de bolas o un paquete a escala de chip normalmente se monta con esferas de soldadura entre dos sustratos.

Las matrices de estas uniones se utilizan para montar los chips sobre las placas de circuitos.

30 Hay una serie de requisitos para que una aleación de soldadura sea adecuada para su uso en la soldadura por ola, los procesos de nivelación por aire caliente y matrices de rejilla de bolas. En primer lugar, la aleación debe presentar buenas características de humectación en relación con una variedad de materiales de sustrato tales como el cobre, el níquel, el fósforo níquel ("níquel químico"). Tales sustratos se pueden revestir para mejorar la humectación, por ejemplo usando aleaciones de estaño, oro o recubrimientos orgánicos (OSP). Una buena humectación también mejora la capacidad de la soldadura fundida para fluir en un espacio capilar, y para subir por las paredes de un orificio pasante en una placa de circuito impreso, para lograr de ese modo un buen llenado del orificio.

35 Las aleaciones de soldadura tienden a disolver el sustrato y formar un compuesto intermetálico en la interfase con el sustrato. Por ejemplo, el estaño en la aleación de soldadura puede reaccionar con el sustrato en la interfaz para formar una capa de compuesto intermetálico (CIM). Si el sustrato es cobre, luego se puede formar una capa de Cu_6Sn_5 . Dicha capa normalmente tiene un espesor desde una fracción de un micrómetro a unos pocos micrómetros. En la interfaz entre esta capa y el sustrato de cobre puede estar presente un CIM de Cu_3Sn . Las capas de interfaz intermetálicas tenderán a crecer durante el envejecimiento, particularmente cuando el servicio es a temperaturas más altas, y las capas intermetálicas gruesas, junto con cualquier hueco que se pueda haber desarrollado, pueden contribuir aún más a la fractura prematura de una unión sometida a tensión.

40 Otros factores importantes son: (i) la presencia de compuestos intermetálicos en la propia aleación, que resulta en propiedades mecánicas mejoradas; (ii) la resistencia a la oxidación, que es importante en las esferas de soldadura donde el deterioro durante el almacenamiento o durante reflujo repetidos pueden provocar que el rendimiento de la soldadura sea subóptimo; (iii) la tasa de desescoriado; y (iv) la estabilidad de la aleación. Estas últimas consideraciones son importantes para aplicaciones en las que la aleación se mantiene en un tanque o en el baño durante largos períodos de tiempo o cuando las uniones de soldadura formadas se someten a altas temperaturas de funcionamiento durante largos períodos de tiempo.

45 Por razones medioambientales y de salud, existe una creciente demanda de sustitutos sin plomo y sin antimonio para aleaciones convencionales que contienen plomo y antimonio. Muchas aleaciones de soldadura convencionales se basan en la composición eutéctica de estaño-cobre, Sn-0,7 % en peso de Cu. Por ejemplo, el sistema de estaño-plata-cobre ha sido adoptado por la industria electrónica como alternativa sin plomo para soldar materiales. Una aleación particular, la aleación eutéctica de $SnAg_{3,0}Cu_{0,5}$, presenta una resistencia a la fatiga superior en comparación con un material de soldadura de Sn-Pb, manteniendo un punto de fusión relativamente bajo de aproximadamente 217 a 219 °C.

50 En algunos campos, tales como la automoción, la electrónica de alta potencia y la energía, incluyendo la iluminación LED, por ejemplo, es deseable que las aleaciones de soldadura operen a temperaturas más altas, por ejemplo 150 °C o superior. La aleación de $SnAg_{3,0}Cu_{0,5}$ no funciona bien a dichas temperaturas.

El documento US2003/0015575 A1 se refiere a un material de soldadura y un dispositivo eléctrico o electrónico en el que se utiliza el mismo. La aleación del material de soldadura no contiene Mn, Ti o Co. La patente JP2000 015476 se refiere a una soldadura sin plomo. La soldadura no contiene Mn o Ti, ni la presencia del 0,03 al 1 % en peso de Ni.

5 El documento US2006/0045793 A1 se refiere a una aleación de soldadura. La patente FR2888253 A1 se refiere a una aleación de un montaje sin plomo con una base de estaño que incorpora un elemento químico adicional que forma un compuesto intermetálico con estaño para retardar la oxidación por aire.

10 La presente invención tiene como objetivo resolver al menos algunos de los problemas asociados con la técnica anterior o proporcionar una alternativa aceptable a nivel comercial.

Por consiguiente, en un primer aspecto, la presente invención proporciona una aleación de soldadura sin plomo y sin antimonio de acuerdo con la reivindicación 1.

15 La presente invención se describirá ahora con más detalle. En los siguientes pasajes se definen diferentes aspectos de la invención con más detalle. Cada aspecto así definido se puede combinar con cualquier otro aspecto o aspectos a menos que se indique claramente lo contrario. En particular, cualquier característica indicada como preferida o ventajosa puede combinarse con cualquier otra característica o características indicadas como preferidas o ventajosas.

20 Las aleaciones descritas en el presente documento presentan una mejor fiabilidad a alta temperatura y son capaces de soportar temperaturas operativas normalmente de al menos 150 °C. Las aleaciones presentan propiedades mecánicas mejoradas y resistencia a la fluencia a alta temperatura en comparación con la aleación de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ convencional.

Las aleaciones no contienen plomo ni antimonio, lo que significa que no se añade intencionadamente plomo o antimonio. Por lo tanto, el contenido de plomo y antimonio es nulo o no supera los niveles de impurezas accidentales.

30 La composición de aleación comprende del 3 al 5 % en peso de plata, preferentemente del 3 al 4,5 % en peso de plata, y lo más preferentemente del 3,5 al 4 % en peso de plata. La presencia de plata en la cantidad especificada puede servir para mejorar las propiedades mecánicas, por ejemplo la resistencia, mediante la formación de compuestos intermetálicos. Además, la presencia de plata puede actuar disminuyendo la disolución de cobre y mejorando la humectación y la propagación.

40 La composición de aleación comprende del 2 al 5 % en peso de bismuto, preferentemente del 2,5 al 5 % en peso de bismuto, más preferentemente del 2,7 a 4,5 % en peso de bismuto, y lo más preferentemente del 2,8 al 4 % en peso de bismuto. La presencia de bismuto en la cantidad especificada puede servir para mejorar las propiedades mecánicas al reforzar la solución sólida. El bismuto también puede actuar para mejorar la resistencia a la fluencia. El bismuto también puede mejorar la humectación y la propagación.

45 La composición de aleación comprende del 0,3 al 3 % en peso de cobre. Preferentemente, la aleación comprende del 0,3 al 2 % en peso de cobre, más preferentemente del 0,4 al 1 % en peso de cobre, aún más preferentemente del 0,5 al 0,9 % en peso de cobre y lo más preferentemente del 0,6 al 0,8 % en peso de cobre. La presencia de cobre en la cantidad especificada puede servir para mejorar las propiedades mecánicas, por ejemplo la resistencia, mediante la formación de compuestos intermetálicos. Además, la presencia de cobre reduce la disolución de cobre y también puede mejorar la resistencia a la fluencia.

50 La composición de aleación comprende del 0,03 al 1 % en peso de níquel. La aleación preferentemente comprende del 0,03 al 0,6 % en peso de níquel, más preferentemente del 0,05 al 0,5 % en peso de níquel, aún más preferentemente del 0,07 al 0,4 % en peso de níquel y lo más preferentemente del 0,1 al 0,3 % en peso de níquel. La presencia de níquel en la cantidad especificada puede servir para mejorar las propiedades mecánicas mediante la formación de compuestos intermetálicos con estaño, lo que puede dar lugar a un refuerzo de la precipitación.

55 Además, la presencia de níquel puede actuar para reducir la velocidad de disolución del cobre. El níquel también puede aumentar la resistencia al choque por caída al disminuir el crecimiento de CIM en la interfase sustrato/soldadura.

60 La composición de aleación comprende opcionalmente del 0,005 al 1 % en peso de titanio. Si hay titanio presente, la aleación preferentemente comprende del 0,005 al 0,5 % en peso de titanio, más preferentemente del 0,007 al 0,1 % en peso de titanio, incluso más preferentemente del 0,008 al 0,06 % en peso de titanio, y lo más preferentemente del 0,01 al 0,05 % titanio. La presencia de titanio en la cantidad especificada puede servir para mejorar la resistencia y las reacciones interfaciales. El titanio también puede mejorar el rendimiento de choque por caída.

65 La composición de aleación comprende opcionalmente del 0,01 al 1 % en peso de cobalto. Si hay cobalto presente, la aleación preferentemente comprende del 0,01 al 0,6 % en peso de cobalto, más preferentemente del 0,02 al 0,5 %

en peso de cobalto, incluso más preferentemente del 0,03 al 0,4 % en peso de cobalto, y lo más preferentemente del 0,04 al 0,3 % en peso de cobalto. La presencia de cobalto puede actuar para reducir la tasa de disolución del cobre. El cobalto también puede disminuir la velocidad de formación de CIM en la interfaz sustrato/soldadura, y aumentar la resistencia de choque por caída.

5 En un ejemplo de referencia, la composición de aleación comprende opcionalmente del 0 al 3,5 % en peso de indio, por ejemplo del 0,01 al 3,5 % en peso. Si hay indio presente, la aleación preferentemente comprende del 0,05 al 3,5 % en peso de indio, más preferentemente del 0,1 al 3,5 % en peso de indio.

10 La presencia de indio puede actuar para mejorar las propiedades mecánicas mediante el fortalecimiento de la solución sólida.

15 En un ejemplo de referencia, la composición de aleación comprende opcionalmente del 0 al 1 % en peso de zinc, por ejemplo del 0,01 al 1 % en peso. Si hay zinc presente, la aleación preferentemente comprende del 0,03 al 0,6 % en peso de zinc, más preferentemente del 0,05 al 0,5 % en peso de zinc, incluso más preferentemente del 0,07 al 0,4 % en peso de zinc, y lo más preferentemente del 0,1 al 0,3 % en peso de zinc. La presencia de zinc puede actuar para mejorar las propiedades mecánicas mediante el fortalecimiento de la solución sólida. El zinc también puede actuar para disminuir el crecimiento de CIM y reducir la formación de huecos.

20 En un ejemplo de referencia, la composición de aleación comprende opcionalmente del 0 al 1 % en peso de arsénico, por ejemplo del 0,01 al 1 % en peso. Si hay arsénico presente, la aleación preferentemente comprende del 0,03 al 0,6 % en peso de arsénico, más preferentemente del 0,05 al 0,5 % en peso de arsénico, incluso más preferentemente del 0,07 al 0,4 % en peso de arsénico, y lo más preferentemente del 0,1 al 0,3 % en peso de arsénico. La presencia de arsénico puede actuar para mejorar las propiedades mecánicas mediante la dispersión de partículas.

25 Opcionalmente, la aleación también puede contener uno o más del 0,005 al 1 % en peso de manganeso (presente invención). En un ejemplo de referencia, la aleación también puede contener opcionalmente uno o más del 0,005 al 1 % en peso de cromo, del 0,005 al 1 % en peso de germanio, del 0,005 al 1 % en peso de hierro, del 0,005 al 1 % en peso de aluminio, del 0,005 al 1 % en peso de fósforo, del 0,005 al 1 % en peso de oro, del 0,005 al 1 % en peso de galio, del 0,005 al 1 % en peso de telurio, del 0,005 al 1 % en peso de selenio, del 0,005 al 1 % en peso de calcio, del 0,005 al 1 % en peso de vanadio, del 0,005 al 1 % en peso de molibdeno, del 0,005 al 1 % en peso de platino, del 0,005 al 1 % en peso de magnesio y/o del 0,005 al 1 % en peso de elemento(s) de las tierras raras.

35 Las tierras raras pueden actuar para mejorar la propagación y la humectabilidad. Se ha comprobado que el cerio es particularmente eficaz a este respecto. El aluminio, el calcio, el galio, el germanio, el magnesio, el fósforo y el vanadio pueden actuar como desoxidantes y también pueden mejorar la humectabilidad y la resistencia de las uniones soldadas. Otras adiciones elementales, tales como el oro, cromo, hierro, manganeso, molibdeno, platino, selenio y telurio pueden actuar para mejorar la resistencia y las reacciones interfaciales.

40 El término elemento de las tierras raras tal como se utiliza en el presente documento se refiere a uno o más elementos seleccionados entre Sc, Y, La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd, Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb y Lu.

45 La aleación normalmente comprenderá al menos el 88 % en peso de estaño, más habitualmente al menos el 90 % en peso de estaño, todavía más habitualmente al menos el 91 % en peso de estaño.

50 En un ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,4 % en peso de níquel, opcionalmente del 0,008 al 0,06 % en peso de titanio, opcionalmente del 0,005 al 0,2 de un elemento de las tierras raras (preferentemente cerio), opcionalmente del 3 al 4 % en peso de indio, opcionalmente hasta el 1 % en peso de germanio, opcionalmente hasta el 1 % en peso de manganeso, opcionalmente del 0,01 al 0,1 % en peso de cobalto, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

55 En un ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 3 al 4,5 % en peso de bismuto, del 0,5 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,25 % en peso de níquel, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 207,2 a 215,9 °C, que es inferior a la temperatura casi eutéctica de la aleación de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} convencional. Dicha aleación tiene una dureza que es aproximadamente el doble de la magnitud de la dureza de SnAg_{3,0}Cu_{0,5}. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,63 % en peso de plata, el 3,92 % en peso de bismuto, el 0,76 % en peso de cobre, el 0,18 % en peso de níquel y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

65 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 3 al 4,5 % en peso de bismuto, del 0,5 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,25 % en peso de níquel, del 0,005 al 0,05 % en peso de un elemento de las tierras raras, por ejemplo cerio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 208,8 a 219,4 °C y una dureza que es aproximadamente el

doble de la magnitud de la dureza de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,81 % en peso de plata, el 3,94 % en peso de bismuto, el 0,8 % en peso de cobre, el 0,25 % en peso de níquel, el 0,04 % en peso de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

5 En una realización de la presente invención, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 2 al 4 % en peso de bismuto, del 0,5 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,25 % en peso de níquel, del 0,005 al 0,05 % en peso de titanio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 210,4 a 215,9 °C y una dureza que es aproximadamente el doble de la magnitud de la dureza
10 de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$. En un ejemplo específico de esta realización, la aleación comprende aproximadamente el 3,8 % en peso de plata, el 2,98 % en peso de bismuto, el 0,7 % en peso de cobre, el 0,1 % en peso de níquel, el 0,01 % en peso de titanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

15 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, 0,4 al 1,5 % en peso de cobre, 0,1 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,2 % en peso de un elemento(s) de las tierras raras (preferentemente cerio), y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209,0 a 220,4 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,85 % en peso de plata, el 3,93 % en peso de bismuto, el 0,68 % en peso de cobre, el 0,22 % en peso de níquel, el 0,08 % en peso de cerio y el resto de estaño junto con
20 impurezas inevitables.

25 En otra realización, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,1 % en peso de titanio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209,3 a 220,6 °C. En un ejemplo específico de esta realización, la aleación comprende aproximadamente el 3,86 % en peso de plata, el 3,99 % en peso de bismuto, el 0,63 % en peso de cobre, el 0,16 % en peso de níquel, el 0,043 % en peso de titanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

30 En otra realización, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,1 % en peso de cobalto, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209,1 a 216,1 °C. En un ejemplo específico de esta realización, la aleación comprende aproximadamente el 3,82 % en peso de plata, el 3,96 % en peso de bismuto, el 0,6 % en peso de cobre, el 0,16 % en peso de níquel, el 0,042 % en peso de cobalto y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.
35

40 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 2 al 4 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,25 % en peso de níquel, del 0,001 al 0,01 % en peso de manganeso, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209,2 a 216,8 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,9 % en peso de plata, el 3 % en peso de bismuto, el 0,6 % en peso de cobre, el 0,12 % en peso de níquel, el 0,006 % en peso de Mn y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

45 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata, del 2 al 4 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,001 al 0,01 % en peso de germanio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 208,2 a 218,6 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,85 % en peso de plata, el 3,93 % en peso de bismuto, el 0,63 % en peso de cobre, el 0,15 % en peso de níquel, el 0,006 % en peso de germanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

50 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 4 al 5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 3 al 4 % en peso de indio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 195,6 a 210,7 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 4,24 % en peso de plata, el 3,99 % en peso de bismuto, el 0,63 % en peso de cobre, el 0,18 % en peso de níquel, el 3,22 % en peso de indio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.
55

60 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3,5 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,4 al 1,3 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,1 % en peso de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209,8 a 217,0 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,91 % en peso de plata, el 2,9 % en peso de bismuto, el 0,72 % en peso de cobre, el 0,2 % en peso de níquel, el 0,04 % en peso de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

65 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3,5 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,08 % en peso de lantano, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión

de 210,96 a 220,8 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,87 % en peso de plata, el 3,02 % en peso de bismuto, el 0,61 % en peso de cobre, el 0,14 % en peso de níquel, el 0,038 % de lantano y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

5 En otro ejemplo de referencia, se proporciona una aleación que comprende del 3,5 al 5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,08 % en peso de neodimio, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 207,8 a 219,5 °C. En un ejemplo específico de este ejemplo de referencia, la aleación comprende aproximadamente el 3,86 % de plata, el 3,99 % de bismuto, el 0,64 % de cobre, el 0,14 % de níquel, el 0,044 % de neodimio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

15 En otra realización, se proporciona una aleación que comprende del 3,5 al 5 % en peso de plata, del 3 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,2 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,3 % en peso de níquel, del 0,01 al 0,08 % en peso de cobalto, y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

Dicha aleación tiene un intervalo de fusión de 209 a 217 °C. En un ejemplo específico de esta realización, la aleación comprende aproximadamente el 3,94 % de plata, el 3,92 % de bismuto, el 0,7 % de cobre, el 0,12 % de níquel, el 0,023 % de cobalto y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

20 Se apreciará que las aleaciones descritas en el presente documento pueden contener impurezas inevitables, aunque, en total, es poco probable que estas superen el 1 % en peso de la composición. Preferentemente, las aleaciones contienen impurezas inevitables en una cantidad no superior al 0,5 % en peso de la composición, más preferentemente no superior al 0,3 % en peso de la composición, todavía más preferentemente no superior al 0,1 % en peso de la composición, incluso más preferentemente no superior al 0,05 % en peso de la composición, y más preferentemente no superior al 0,02 % en peso de la composición.

30 En una realización, la aleación presenta un punto de fusión relativamente bajo, habitualmente de aproximadamente 195 a aproximadamente 222 °C (más habitualmente de aproximadamente 209 a aproximadamente 218 °C). Esto es ventajoso porque permite una temperatura pico de reflujo de aproximadamente 230 a aproximadamente 240 °C.

En otra realización, la aleación presenta una conductividad térmica y/o una conductividad eléctrica que es más alta o equivalente a la aleación de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} convencional. Esto es ventajoso en aplicaciones relacionadas con la energía tales como, por ejemplo, diodos emisores de luz (LED), electrónica solar y de potencia.

35 Las aleaciones de la presente invención pueden estar en forma de, por ejemplo, una barra, un alambre, un alambre macizo o fundente, una lámina o tira, una película, una preforma o un polvo o una pasta (polvo más mezcla fundente), o esferas de soldadura para su uso en uniones de matriz de rejilla de bolas, o una pieza de soldadura preformada o una unión de soldadura refundida o solidificada, o pre-aplicada sobre cualquier material soldable tal como una cinta de cobre para aplicaciones fotovoltaicas o una placa de circuito impreso de cualquier tipo.

40 En otro aspecto, la presente invención proporciona un método para formar una unión de soldadura que comprende:

- (i) proporcionar dos o más piezas de trabajo a unir;
- (ii) proporcionar una aleación de soldadura como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 al 12; y
- (iii) calentar la aleación de soldadura en las proximidades de las piezas de trabajo a unir.

50 En otro aspecto, la presente invención proporciona el uso de una aleación, como se describe en el presente documento, en un método de soldadura. Tales métodos de soldadura incluyen, pero no se limitan a soldadura por ola, soldadura con tecnología de montaje superficial (TMS), soldadura de unión de microchips, soldadura por inserción térmica, soldadura manual, soldadura por láser y por inducción de RF y soldadura mecanizada, y laminado, por ejemplo.

La presente invención se describirá a continuación, a modo de pocos ejemplos no limitantes de estas aleaciones y un resumen de su rendimiento, con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

55 La Figura 1 muestra imágenes de microscopio electrónico de la microestructura de la Aleación A (a) como molde, y (b) después de un tratamiento térmico a 150 °C. Los compuestos intermetálicos fueron identificados por SEM-EDS.

60 La Figura 2 muestra imágenes de microscopio electrónico de la microestructura de la Aleación B (a) como molde, y (b) después del tratamiento térmico a 150 °C. Los compuestos intermetálicos fueron identificados por SEM-EDS.

65 La Figura 3 muestra imágenes de microscopio electrónico de la microestructura de la Aleación C (a) como molde, y (b) después del tratamiento térmico a 150 °C. Los compuestos intermetálicos fueron identificados por SEM-EDS.

La Figura 4 muestra imágenes de microscopio electrónico de la microestructura de la Aleación D (a) como molde, y (b) después del tratamiento térmico a 150 °C. Los compuestos intermetálicos fueron identificados por SEM-EDS.

5 La Figura 5 muestra una comparación de (a) la resistencia a la tracción, y (b) el límite elástico a temperatura ambiente para SnAg_{3,0}Cu_{0,5} y aleaciones de acuerdo con la presente invención.

La Figura 6 muestra una comparación de (a) la resistencia a la tracción, y (b) la resistencia a la deformación a 150 °C para SnAg_{3,0}Cu_{0,5} y aleaciones de acuerdo con la presente invención.

10 La Figura 7 muestra una comparación de (a) el tiempo de rotura por fluencia y (b) el alargamiento de rotura por fluencia medida a 150 °C para SnAg_{3,0}Cu_{0,5} y aleaciones de acuerdo con la presente invención.

15 La Figura 8 muestra el tiempo de humectación cero de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} y aleaciones de acuerdo con la presente invención como una medida de su soldabilidad.

La Figura 9 muestra las curvas de distribución de Weibull que describen fallos BGA durante el ensayo de choque por caída.

20 La Figura 10 muestra las curvas de distribución de Weibull que describen fallos BGA durante el ensayo de ciclos térmicos.

La Figura 11 muestra imágenes de microscopio electrónico de secciones BGA antes y después del ensayo de ciclos térmicos.

25 La Figura 12 muestra la fuerza de cizallamiento de los componentes resistores de chips medida antes y después del ensayo de ciclos térmicos.

30 La presente invención se describirá ahora con más detalle haciendo referencia a los siguientes ejemplos no limitantes.

Ejemplo 1 - Aleación A (Ejemplo de referencia)

35 La Aleación A comprende el 3,63 % en peso de plata, el 3,92 % en peso de bismuto, el 0,76 % en peso de cobre, el 0,18 % en peso de níquel y el resto de estaño junto con impurezas inevitables.

40 Una sección transversal de esta aleación, como molde, revela una microestructura que contiene Bi₂Sn, Ag₃Sn y Cu₆Sn₅ (véase Figura 1 (a)). El Ag₃Sn se dispersa en la matriz de estaño, pero también aparece como precipitados en forma de aguja. Otros precipitados intermetálicos de Sn-Bi y Sn-Cu están distribuidos de forma no homogénea en la matriz. Después de un tratamiento térmico a aproximadamente 150 °C durante aproximadamente 200 horas, se observa una reducción significativa del Ag₃Sn en forma de aguja, revelando una microestructura más homogénea. Además, después del tratamiento térmico, la microestructura muestra una distribución más homogénea de los precipitados en la matriz de Sn y la presencia de precipitados de Ni, Cu-Sn (véase Figura 1 (b)).

45 Dicha microestructura, es decir, una matriz más homogénea y la presencia de precipitados intermetálicos finamente distribuidos, sugiere que tanto la solidificación como el endurecimiento por precipitación son responsables del fortalecimiento de la aleación y de las propiedades mecánicas mejoradas. Se espera que el fenómeno de fluencia se reduzca mediante una microestructura de este tipo.

50 La Aleación A tiene un intervalo de fusión de 207,2 a 215,9 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE (µm/mK) (30-100 °C) de 19,6; y una dureza Vickers (HV-1) de 31. Para fines de comparación, la aleación convencional, SnAg_{3,0}Cu_{0,5}, tiene un intervalo de fusión de 216,6 a 219,7 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE (µm/mK) (30-100 °C) de 22,4; y una dureza de Vickers (HV-0,5) de 15.

Ejemplo 2 - Aleación B (Ejemplo de referencia)

60 La Aleación B comprende el 3,81 % en peso de plata, el 3,94 % en peso de bismuto, el 0,8 % en peso de cobre, el 0,25 % en peso de níquel, el 0,04 % en peso de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. La Aleación B también revela una microestructura que contiene Bi₂Sn, Ag₃Sn y Cu₆Sn₅ (véase Figura 2 (a)). De forma similar a la Aleación A, el Ag₃Sn se dispersa en la matriz de Sn, pero también aparece como precipitados en forma de aguja, y los precipitados de Sn-Cu están distribuidos de forma no homogénea en la matriz. Después de un tratamiento térmico a aproximadamente 150 °C durante aproximadamente 200 horas, se puede observar claramente el Ag-Sn eutéctico y también se observa una reducción significativa del Ag₃Sn en forma de aguja, mostrando una microestructura más homogénea (véase la Figura 2 (b)). Al igual que con la Aleación A, los precipitados de Ni, Cu-Sn se identifican en la matriz después del tratamiento térmico. Dichos precipitados se han identificado por análisis de difracción de rayos X como precipitados de NiSn₂.

La Aleación B tiene un intervalo de fusión de 208,8 a 219,4 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 22,8; y una dureza Vickers (HV-1) de 28.

Ejemplo 3 - Aleación C

5 La Aleación C comprende el 3,8 % en peso de plata, el 2,98 % en peso de bismuto, el 0,7 % en peso de cobre, el 0,1 % en peso de níquel, el 0,01 % en peso de titanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. La microestructura fundida (Figura 3 (a)) consiste en una gran concentración de precipitados de Ag_3Sn más finos dispersos a lo largo de los límites de grano, que se espera impida el deslizamiento del borde del grano durante la fluencia y mejore así la resistencia a la fluencia de la aleación. Se observa un crecimiento significativo de los precipitados después del envejecimiento a 150 °C durante aproximadamente 200 horas (Figura 3 (b)).

10 La Aleación C tiene un intervalo de fusión de 210,4 a 215,9 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 23,8; y una dureza Vickers (HV-1) de 28.

Ejemplo 4 - Aleación D (Ejemplo de referencia)

15 La Aleación D comprende el 3,85 % de plata, el 3,93 % de bismuto, el 0,68 % de cobre, el 0,22 % de níquel, el 0,078 % de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Esta microestructura de la aleación (Figura 4 (a)) revela Ag_3Sn en forma de agujas largas junto con precipitados de Cu_6Sn_5 .

20 La Aleación D tiene un intervalo de fusión de 209,0 a 220,4 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 22; y una dureza Vickers (HV-1) de 29.

Ejemplo 5 - Aleación E

25 La Aleación E comprende el 3,86 % de plata, el 3,99 % de bismuto, el 0,63 % de cobre, el 0,16 % de níquel, el 0,043 % de titanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 209,3 a 220,6 °C; y una dureza Vickers (HV-1) de 30.

Ejemplo 6 - Aleación F

30 La Aleación F comprende el 3,82 % de plata, el 3,96 % de bismuto, el 0,6 % de cobre, el 0,16 % de níquel, el 0,042 % de cobalto y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 209,1 a 216,1 °C; y un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 22,4.

Ejemplo 7 - Aleación G

35 La aleación G comprende el 3,9 % de plata, el 3 % de bismuto, el 0,6 % de cobre, el 0,12 % de níquel, el 0,006 % de manganeso y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 209,2 a 216,8 °C; y una dureza Vickers (HV-1) de 28.

Ejemplo 8 - Aleación H (Ejemplo de referencia)

40 La Aleación H comprende el 3,83 % de plata, el 3,93 % de bismuto, el 0,63 % de cobre, el 0,15 % de níquel, el 0,006 % de germanio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 208,2 a 218,6 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 21,7; y una dureza Vickers (HV-1) de 29.

Ejemplo 9 - Aleación I (Ejemplo de referencia)

45 La Aleación I comprende el 4,20 % de plata, el 3,99 % de bismuto, el 0,63 % de cobre, el 0,18 % de níquel, el 3,22 % de indio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 195,6 a 210,7 °C.

Ejemplo 10 - Aleación J (Ejemplo de referencia)

50 La Aleación J comprende el 3,91 % de plata, el 2,9 % de bismuto, el 0,72 % de cobre, el 0,2 % de níquel, el 0,04 % de cerio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 209,8 a 217,0 °C; un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m}/\text{mK}$) (30-100 °C) de 22,7; y una dureza Vickers (HV-1) de 27.

Ejemplo 11 - Aleación K (Ejemplo de referencia)

55 La Aleación K comprende el 3,87 % de plata, el 3,02 % de bismuto, el 0,61 % de cobre, el 0,14 % de níquel, el 0,038 % de lantano y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 210,96 a 220,8 °C; y una dureza Vickers (HV-1) de 29.

Ejemplo 12 - Aleación I (Ejemplo de referencia)

La Aleación I comprende el 3,86 % de plata, el 3,99 % de bismuto, el 0,64 % de cobre, el 0,14 % de níquel, el 0,044 % de neodimio y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 207,8 a 219,5 °C; y una dureza Vickers (HV-1) de 29.

Ejemplo 13 - Aleación M

La Aleación M comprende el 3,94 % de plata, el 3,92 % de bismuto, el 0,7 % de cobre, el 0,12 % de níquel, el 0,023 % de cobalto y el resto de estaño junto con impurezas inevitables. Tiene un intervalo de fusión de 209 a 217 °C; y un coeficiente de dilatación térmica CTE ($\mu\text{m/mK}$) (30-100 °C) de 22,6.

La Tabla 1 muestra las temperaturas de solidificación y de licuefacción de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ y las Aleaciones A-M. Las temperaturas de solidificación son inferiores a la temperatura casi eutéctica de la aleación de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ convencional para todas las Aleaciones A-M. Las temperaturas de licuefacción de las Aleaciones A-M y la aleación de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ convencional son casi las mismas.

Tabla 1. Temperaturas de solidificación y temperaturas de licuefacción de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ y Aleaciones A-M

Aleaciones	Temperatura de solidificación (°C)	Temperatura de licuefacción (°C)
$\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$	216,6	219,7
A	207,2	215,9
B	208,8	219,4
C	210,4	215,9
D	209,0	220,4
E	209,3	220,6
F	209,1	216,1
G	209,2	216,8
H	208,2	218,6
I	195,6	210,7
J	209,8	217,0
K	211,0	220,8
L	207,8	219,5
M	209,0	217,0

La Figura 5 muestra una comparación de (a) la resistencia a la tracción, y (b) el límite elástico a temperatura ambiente para $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ y aleaciones de acuerdo con la presente invención y ejemplos de referencia (véase la norma ASTM E8/E8M-09 para métodos de ensayo de las medidas de tracción). Las propiedades de tracción a temperatura ambiente muestran una mejora significativa. En particular, las resistencias a la tracción a temperatura ambiente para las aleaciones A, B, C, D, E, F, I, J, K y L son entre un 60 % y un 110 % más altas que las de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$. El límite elástico muestra un aumento similar de la resistencia de estas aleaciones, mostrando una mejora entre el 40 % y el 81 % con respecto a $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$.

La Figura 6 muestra una comparación de (a) la resistencia a la tracción, y (b) el límite elástico a 150 °C para $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ y aleaciones de acuerdo con la presente invención y ejemplos de referencia (véase la norma ASTM E8/E8M-09 para métodos de ensayo de las medidas de tracción). La resistencia a la tracción y el límite elástico disminuyen a 150 °C. Sin embargo, las propiedades superiores de las aleaciones A, B y C sobre $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ permanecen. Ambas propiedades muestran una mejora de aproximadamente el 30 al 43 % en comparación con $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$.

El ensayo de las propiedades de fluencia evalúa el cambio de deformación (elástica y plástica) durante un tiempo relativamente largo. En el caso de la fluencia a alta temperatura, el fenómeno de fortalecimiento de la microestructura se alterna con el alivio de tensión causado por el recocido de la microestructura.

La Figura 7 muestra una comparación de (a) el tiempo de rotura por fluencia y (b) el alargamiento hasta rotura por fluencia medida a 150 °C de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$ y aleaciones de acuerdo con la presente invención y ejemplos de referencia (véase la norma ASTM E139 para métodos de ensayo de las mediciones de fluencia). Las aleaciones de la presente invención tienen una resistencia a la fluencia significativamente mayor que $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$, que viene dada por el tiempo de rotura por fluencia y la deformación plástica por fluencia total. Por ejemplo, la resistencia a la fluencia a 150 °C de la Aleación C es un 141 % mayor que la de $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$. Se observó una tendencia similar para el alargamiento hasta rotura por fluencia, que para la Aleación C es del 76 % respecto a $\text{SnAg}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$.

La Figura 8 muestra el tiempo de humectación cero de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} y de nuevas aleaciones como medida de su soldabilidad y humectabilidad (véase la norma JIS Z 3198-4 para el método de ensayo de las mediciones del balance de humectación). Las propiedades de humectación de las aleaciones de acuerdo con la presente invención son comparables a la aleación de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} convencional.

5 La formación de compuestos intermetálicos debida a la adición de aleación en las aleaciones de acuerdo con la presente invención dio como resultado una resistencia adicional de la aleación en bruto y la unión de soldadura. Hasta ahora, esto se ha ejemplificado en el presente documento a través de las mediciones de la tracción, la dureza y la fluencia. A continuación, se compara el rendimiento de choque por caída y de ciclo térmico de las aleaciones de
10 acuerdo con la presente invención con el SnAg_{3,0}Cu_{0,5} convencional.

La Figura 9 muestra las curvas de distribución de Weibull que describen fallos BGA durante el ensayo de choque por caída (véase la norma JESD22- B111 para el método de ensayo de prueba de choque por caída). Las Aleaciones A, B (ejemplos de referencia) y C (presente invención) tienen una mejora del choque por caída del 37 %, 23 % y 44 %
15 de su vida característica (es decir, al nivel de fallos del 63 %) sobre SnAg_{3,0}Cu_{0,5}.

La Figura 10 muestra las curvas de distribución de Weibull que describen fallos BGA durante el ensayo de ciclos térmicos. El perfil del ciclo térmico utilizado fue de -40 °C a + 150 °C con 30 minutos de tiempo de permanencia a cada temperatura (véase la norma IPC-9701 para el método de ensayo de las mediciones de ciclos térmicos). Este
20 ensayo se llevó a cabo durante un total de 2000 ciclos para evaluar la resistencia a la fatiga térmico-mecánica de las nuevas aleaciones. La aleación de referencia está representada por un círculo, una Aleación A por un cuadrado y una Aleación C por un símbolo de diamante. Antes de la finalización de los 2000 ciclos, el 100 % de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} BGA y los ensambles de la pasta de soldadura ha fallado. Sin embargo, el 32 % y el 40 %, respectivamente, de la Aleación A y C BGA y los ensambles de pasta de soldadura han sobrevivido al ensayo de ciclos térmicos. En
25 general, se observó una mejora considerable respecto a SnAg_{3,0}Cu_{0,5} de la vida característica (es decir, al nivel de fallos del 63 %) para la Aleación C.

La Figura 11 muestra imágenes de microscopio electrónico de secciones transversales BGA antes y después del ensayo de ciclos térmicos. Se observó el inicio de la fisuración en SnAg_{3,0}Cu_{0,5} después de 500 ciclos térmicos. Para
30 las aleaciones A y C las grietas se observaron solo después de 1000 ciclos térmicos. Después de 1500 ciclos, se observaron grietas extensas en el componente que usa SnAg_{3,0}Cu_{0,5} BGA y un ensamblaje de pasta de soldadura.

La Figura 12 muestra la fuerza de cizallamiento de los componentes de resistores de microchips medida antes y después del ensayo de ciclos térmicos (véase la norma JIS Z3198-7 para los métodos de ensayo de las mediciones
35 de la fuerza de cizallamiento). Después de 1000 ciclos térmicos, la fuerza necesaria para cortar un resistor de chip 1206 unido a la PCB usando la Aleación A o C es un 70 % mayor que usando la aleación de SnAg_{3,0}Cu_{0,5}. Estos resultados corroboran el rendimiento de ciclos térmicos superior de las nuevas aleaciones.

Por consiguiente, las composiciones de aleación presentan propiedades mecánicas a temperatura ambiente mejoradas y también propiedades mecánicas a temperatura elevada en comparación con la aleación convencional, SnAg_{3,0}Cu_{0,5}. Estas composiciones de aleación también han demostrado una soldabilidad y una humectabilidad
40 comparable a SnAg_{3,0}Cu_{0,5}. Además, estas composiciones de aleación han mostrado una mejor resistencia al choque por caída y una fiabilidad térmico-mecánica superior en comparación con la aleación de SnAg_{3,0}Cu_{0,5} convencional.
45

REIVINDICACIONES

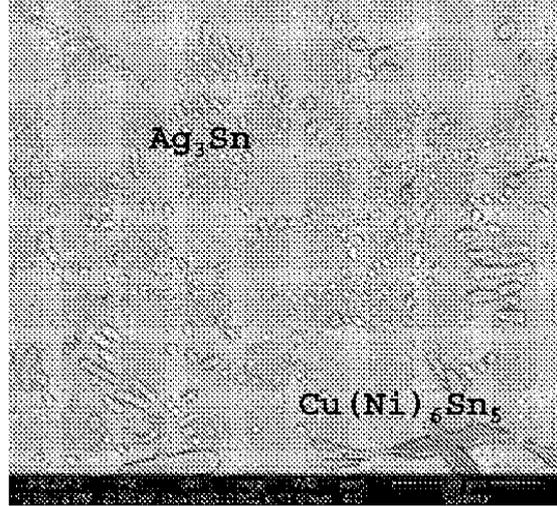
1. Una aleación de soldadura libre de plomo y antimonio que consta:
 - 5 del 3 al 5 % en peso de plata
del 2 al 5 % en peso de bismuto
del 0,3 al 3 % en peso de cobre
del 0,03 al 1 % en peso de níquel
al menos uno de los siguientes elementos
 - 10 del 0,005 al 1 % en peso de manganeso
del 0,005 al 1 % en peso de titanio
del 0,01 al 1 % en peso de cobalto
el resto de estaño, junto con cualquier impureza inevitable.
 - 15
2. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 1, donde la aleación comprende del 3 al 4,5 % en peso de plata.
3. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, donde la aleación comprende del 2,5 al 5 % en peso de bismuto, preferentemente del 2,8 al 4,5 % en peso de bismuto.
4. La aleación de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la aleación comprende del 0,3 al 2 % en peso de cobre, preferentemente del 0,4 al 1 % en peso de cobre, más preferentemente del 0,5 al 0,9 % en peso de cobre, incluso más preferentemente del 0,6 al 0,9 % en peso de cobre.
5. La aleación de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la aleación comprende del 0,03 al 0,6 % en peso de níquel, preferentemente del 0,05 al 0,5 % en peso de níquel.
6. La aleación de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la aleación comprende del 0,005 al 0,5 % en peso de titanio, preferentemente del 0,007 al 0,1 % en peso de titanio, más preferentemente del 0,008 al 0,05 % en peso de titanio.
7. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 1, donde la aleación comprende del 3 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,4 % en peso de níquel, del 0,008 al 0,06 % en peso de titanio.
8. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 7, donde la aleación comprende: del 3,5 al 4,5 % en peso de plata; del 2,8 al 4,2 % en peso de bismuto, preferentemente del 2,8 al 4 % en peso de bismuto; del 0,5 al 0,9 % en peso de cobre, preferentemente del 0,6 al 0,9 % en peso de cobre; del 0,1 al 0,3 % en peso de níquel y del 0,008 al 0,02 % en peso de titanio.
9. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 1, donde la aleación comprende del 3 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,4 % en peso de níquel, y del 0,01 al 0,1 % en peso de cobalto.
10. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 9, donde la aleación comprende: del 3,5 al 4,5 % en peso de plata; del 2,8 al 4,2 % en peso de bismuto, preferentemente del 2,8 al 4 % en peso de bismuto; del 0,5 al 0,9 % en peso de cobre, preferentemente del 0,6 al 0,9 % en peso de cobre; del 0,1 al 0,3 % en peso de níquel y del 0,01 al 0,1 % en peso de cobalto.
11. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 1, donde la aleación comprende del 3 al 5 % en peso de plata, del 2 al 5 % en peso de bismuto, del 0,3 al 1,5 % en peso de cobre, del 0,05 al 0,4 % en peso de níquel, y del 0,005 al 0,1 % en peso de manganeso.
12. La aleación de soldadura de acuerdo con la reivindicación 11, donde la aleación comprende: del 3,5 al 4,5 % en peso de plata; del 2,8 al 4,2 % en peso de bismuto, preferentemente del 2,8 al 4 % en peso de bismuto; del 0,5 al 0,9 % en peso de cobre, preferentemente del 0,6 al 0,9 % en peso de cobre; del 0,1 al 0,3 % en peso de níquel y del 0,005 al 0,1 % en peso de manganeso.
13. La aleación de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde la aleación tiene un punto de fusión de 195 a 222 °C, preferentemente de 207 a 220 °C, más preferentemente de 209 a 218 °C.
14. La aleación de soldadura de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en forma de barra, varilla, alambre macizo o fundente, lámina o tira, o polvo o pasta (polvo más mezcla fundente), o esferas de soldadura para su uso en uniones de matriz de rejillas de bolas o en paquetes a escala de chips, u otras piezas de soldadura preformadas, con o sin un núcleo fundente o un revestimiento fundente.

15. Una unión soldada que comprende una aleación según se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.
16. Un método para formar una unión de soldadura que comprende:
- 5 (i) proporcionar dos o más piezas de trabajo a unir;
 (ii) proporcionar una aleación de soldadura como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12; y
 (iii) calentar la aleación de soldadura en las proximidades de las piezas de trabajo a unir.
- 10 17. Uso de una composición de aleación como se define en una cualquiera de las reivindicaciones 1 al 12 en un método de soldadura tal como soldadura por ola, soldadura con tecnología de montaje superficial (TMS), soldadura de unión de microchips, soldadura por inserción térmica, soldadura manual, soldadura por láser y por inducción de RF y soldadura mecanizada, laminado.

Figura 1

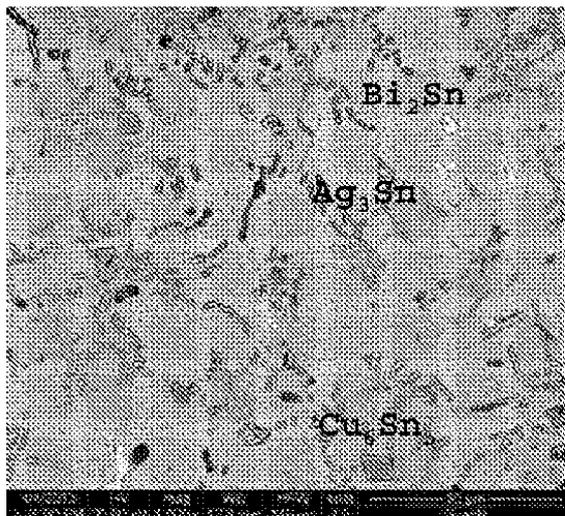


(a)

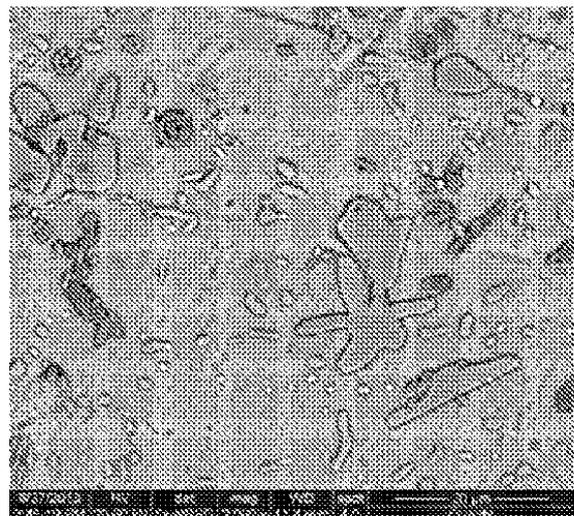


(b)

Figura 2



(a)



(b)

Figura 3

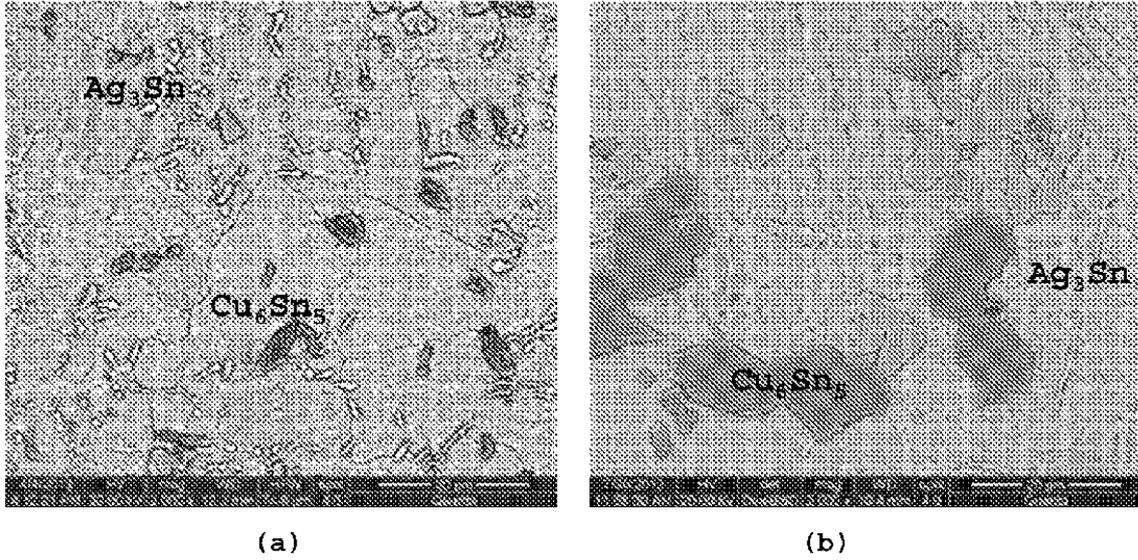


Figura 4

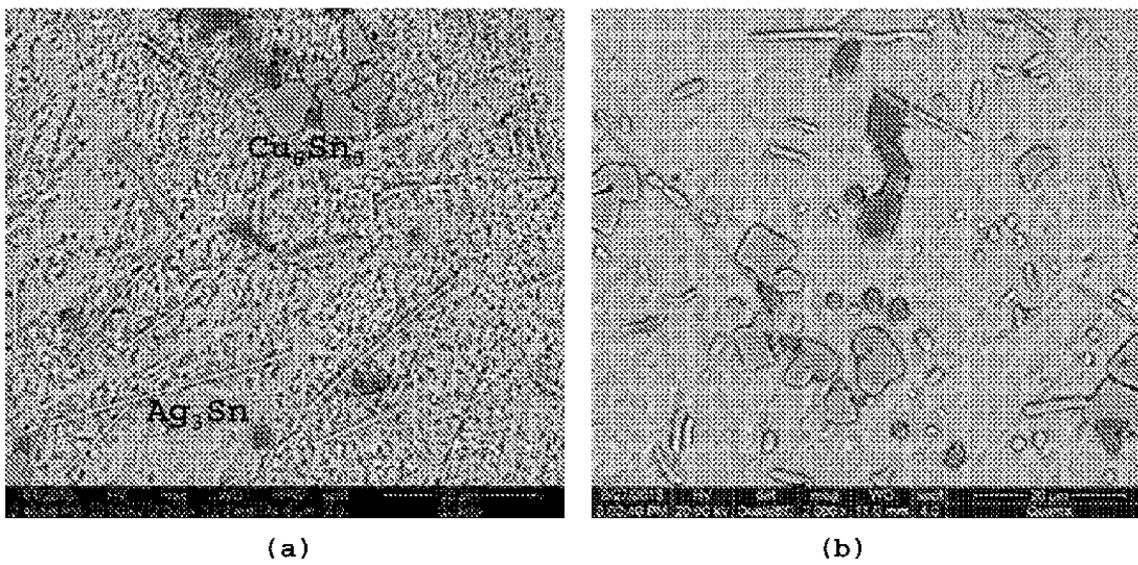
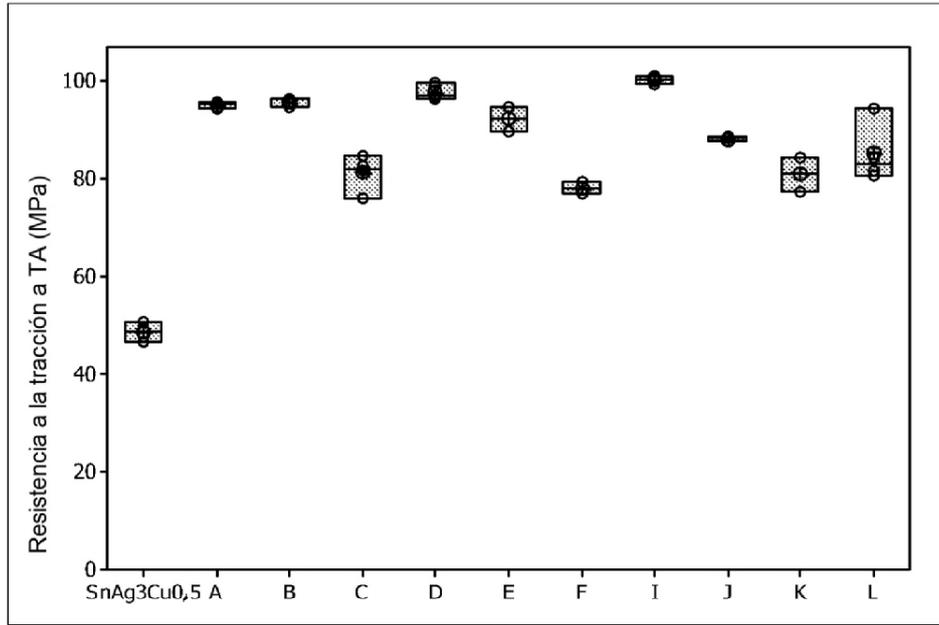
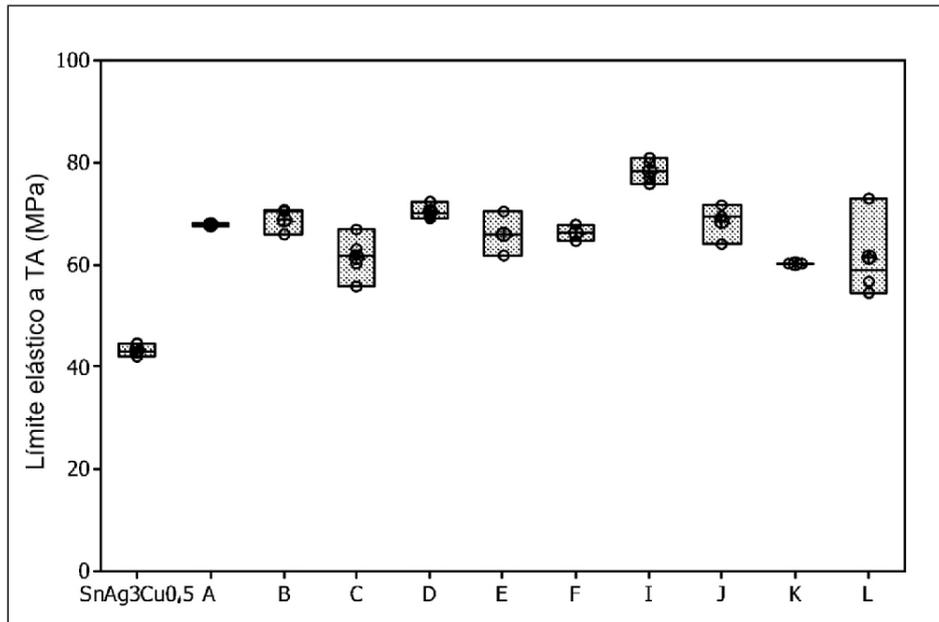


Figura 5

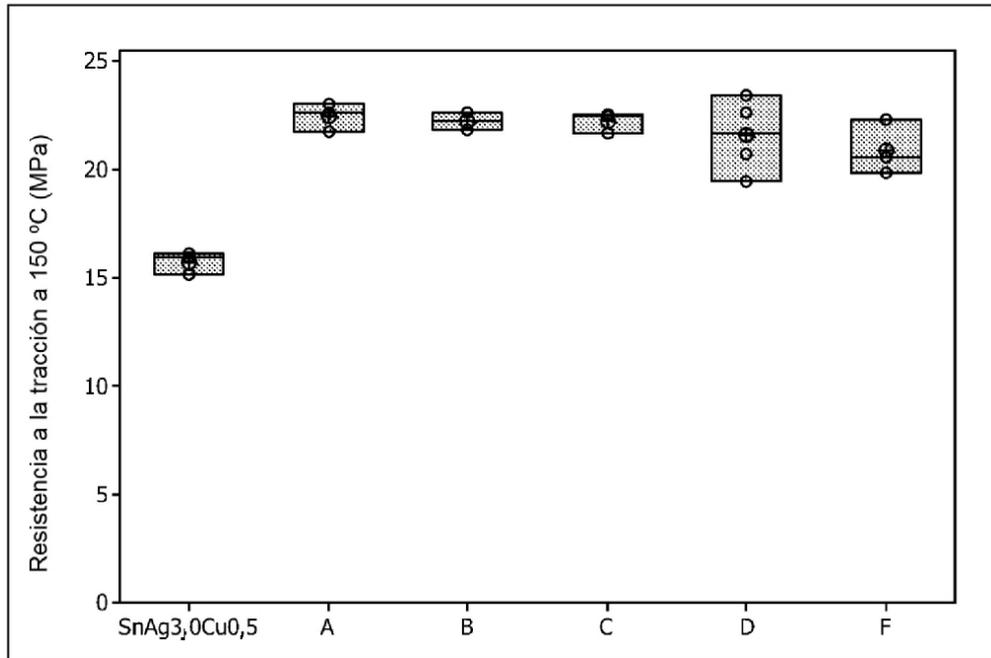


(a)

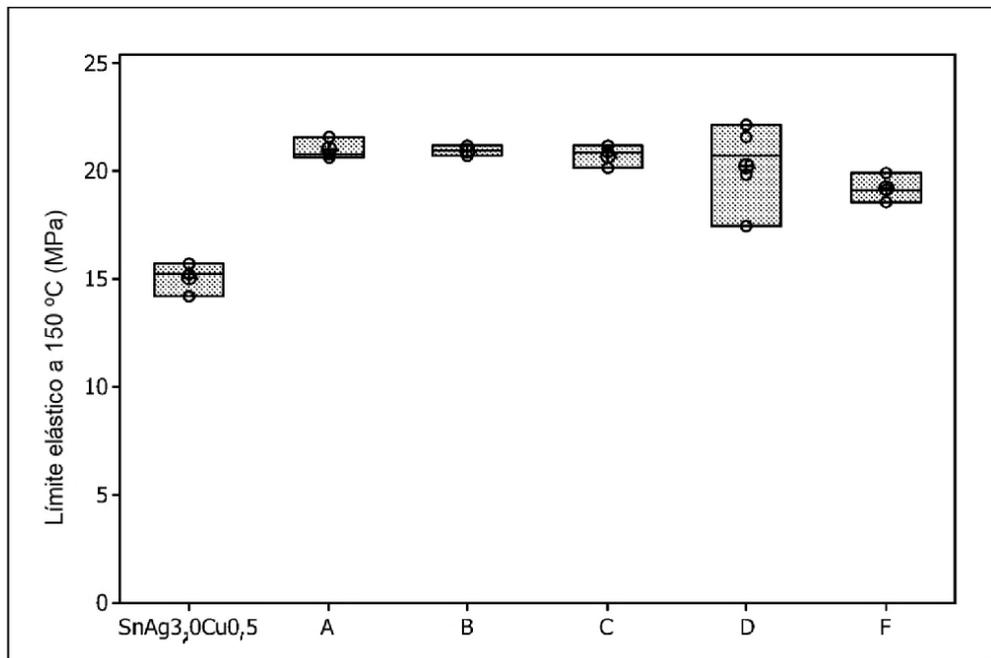


(b)

Figura 6

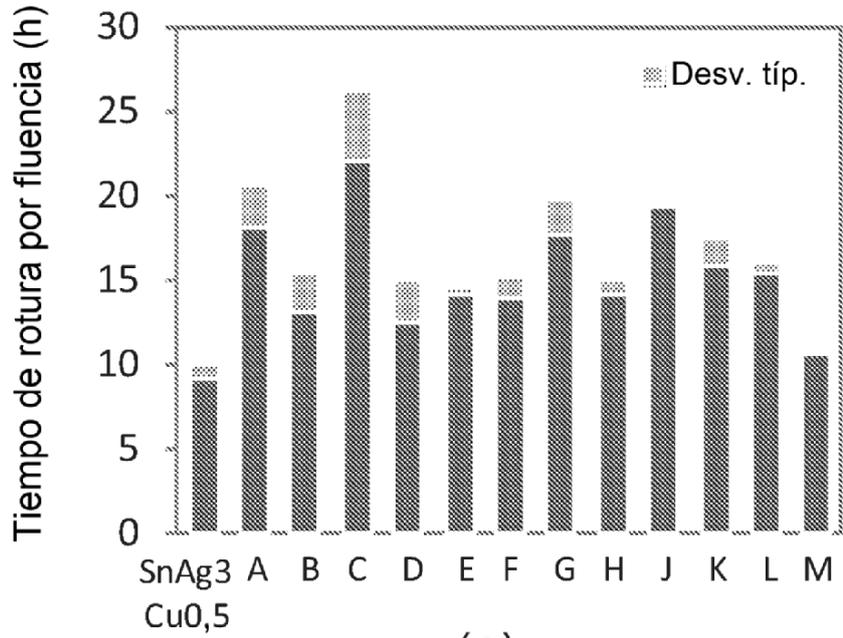


(a)

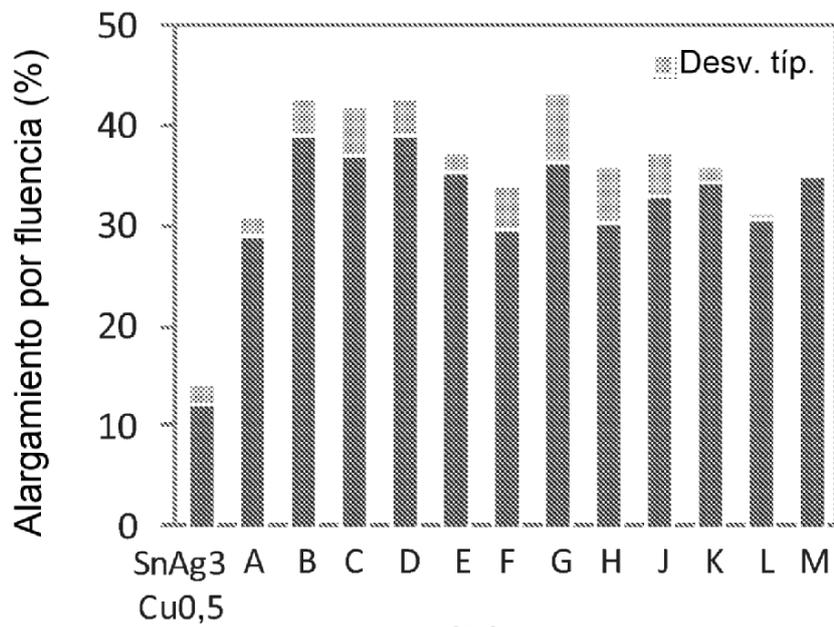


(b)

Figura 7



(a)



(b)

Figura 8

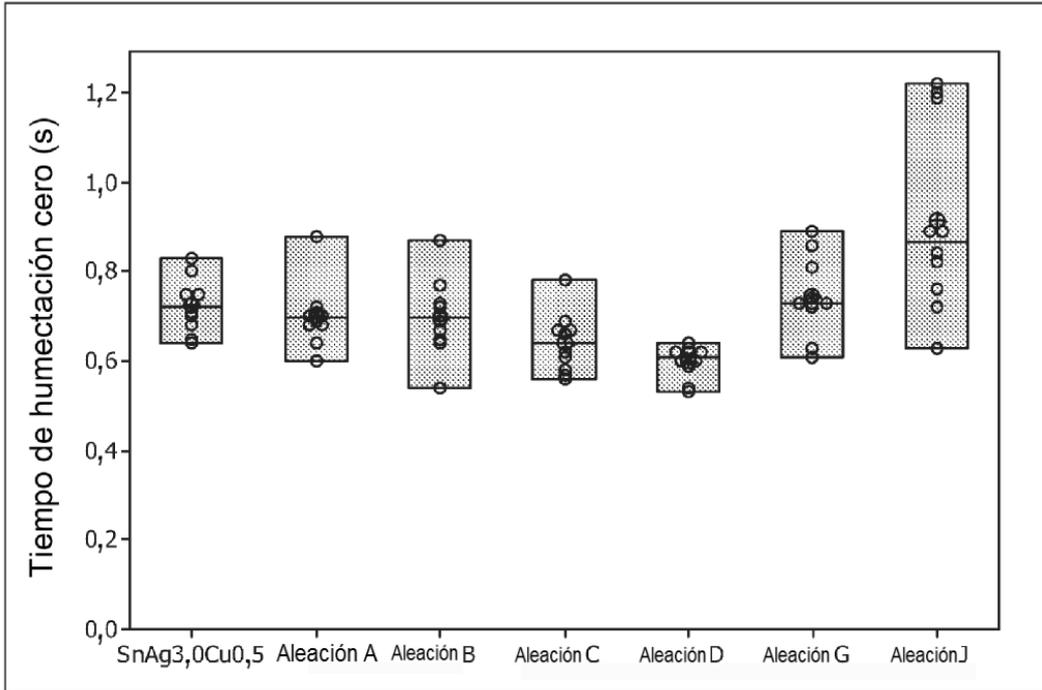


Figura 9

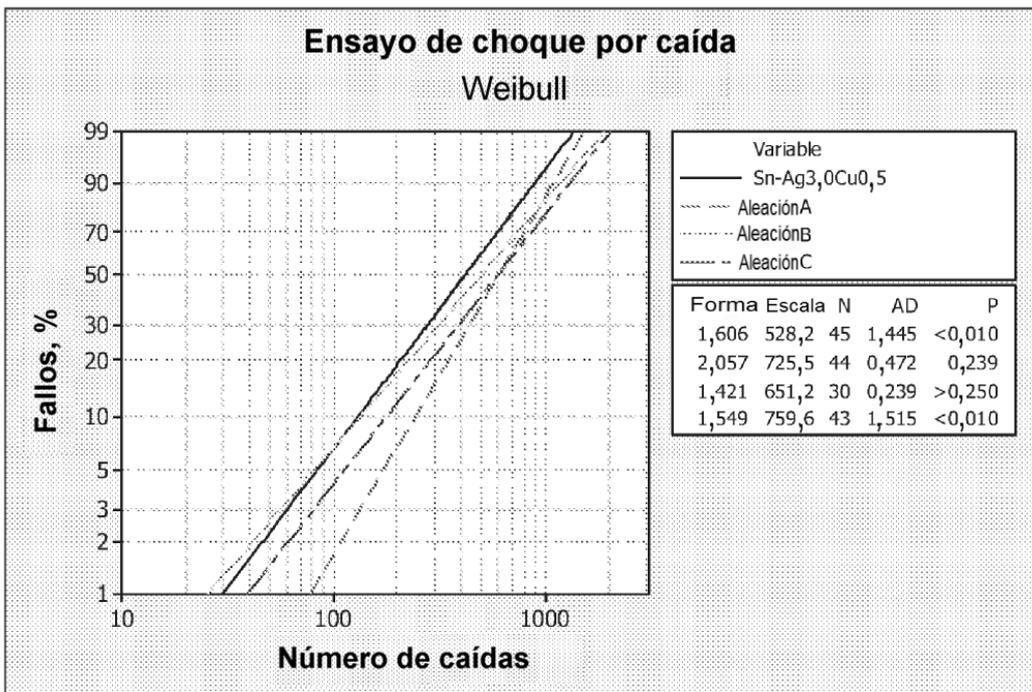


Figura 10

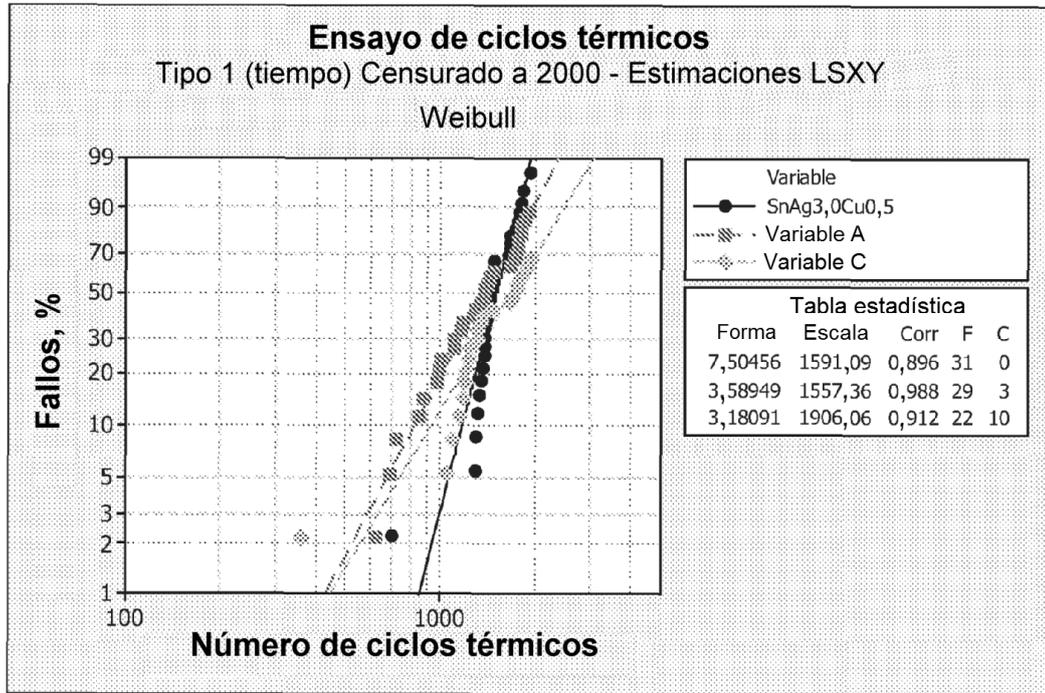


Figura 11

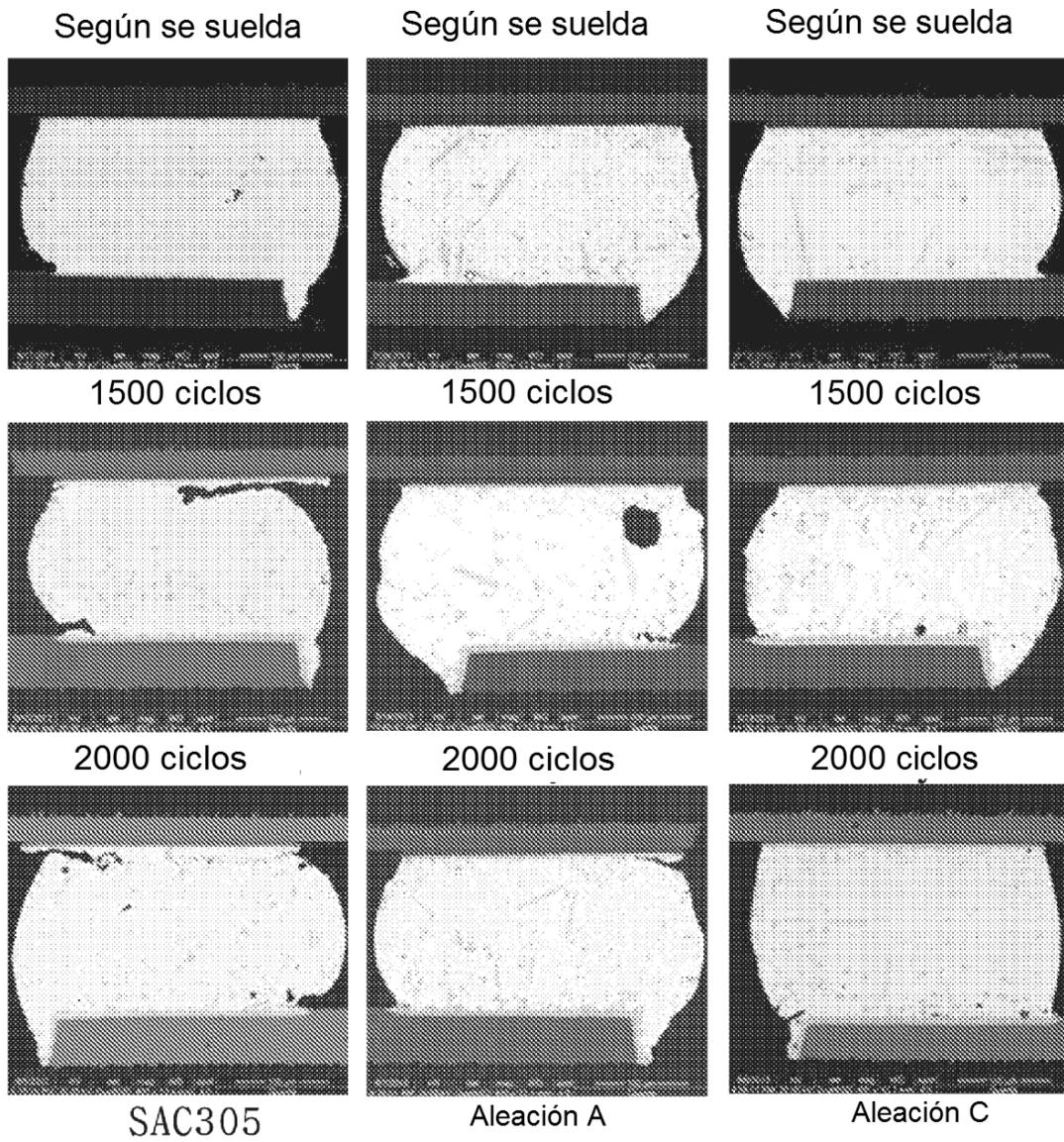


Figura 12

