

Usando el manual: [Solder Defects](https://iconnect007.com/my-i-connect007/books/solderdefects) (<https://iconnect007.com/my-i-connect007/books/solderdefects>)

Intenta resolver estas cuestiones en un documento WORD al que adjuntes las imágenes necesarias para explicar correctamente la respuesta. Se valorará al alumno que no use una traducción directa del documento y ésta quede ampliada.

1. ¿Qué es y qué implica el cambio *tin-lead to lead-free solder*?

En 2006, la gran mayoría del mundo dejó de utilizar estaño con plomo, la transición de soldadura de estaño-plomo, Sn-Pb, a soldadura sin plomo, se debe principalmente a la normativa para eliminar el uso de plomo en la fabricación de productos electrónicos, debido a sus efectos nocivos sobre la salud y el medio ambiente. Las soldaduras sin plomo suelen basarse en aleaciones de estaño(Sn), combinadas con elementos como plata(Ag) y cobre(Cu). El cambio implicó retos técnicos como el aumento de la temperatura de fusión, ya que las soldaduras sin plomo necesitan temperaturas más altas, lo cual puede afectar a la integridad de la placa en la que se suelda y sus componentes. Por otra parte, la formación de juntas, debido a que las propiedades de las soldaduras sin plomo son distintas y pueden afectar a la calidad y resistencia de las juntas. Por último, la mayor propensión a defectos como “graping”, voiding y formación de microfisuras.

Este cambio en los materiales del estaño, produjo consigo un aumento de la densidad de productos electrónicos, resultado de productos electrónicos cada vez más capaces, creando nuevos retos: mientras que la vanguardia en miniaturización anteriormente era el 0402, nuevas medidas más pequeñas surgieron fruto de la soldadura sin plomo, como el 0201 o el 01005.

2. Explicar en qué consiste el *Voiding* en las uniones de soldadura en encapsulados BGA. Hacer listado de productos electrónicos de gran consumo que hayan presentado este problema.

El voiding ha sido un problema en la soldadura SMT durante décadas. Anteriormente, el voiding había estado relacionado con una red de bolas. La llegada de la soldadura sin plomo a mediados de los 2000, incrementó este fenómeno. Estos huecos pueden causar problemas de fiabilidad de los productos relacionados con la creación de grietas por ciclos térmicos.

Los primeros estudios determinaron que el ensamblaje sin plomo, creaba más huecos(voids) en la soldadura, lo cual determinó que las soldaduras libres de este material, provocaron más voids a las temperaturas de fusión más altas y a velocidades de humectación más lentas.

Determinar los parámetros para reducir este fenómeno no es trivial, considerando el diagrama de causa y efecto de Ishikawa(Pg 5 del PDF).

Los productos que son más propensos a tener este problema, son aquellos de terminación inferior(Bottom Termination Components), entre ellos se pueden encontrar:

- Teléfonos inteligentes
- Portátiles
- Televisores OLED y LED
- Consolas
- Electrodomésticos

3. Explicar en qué consiste el *Voiding* en los BTC (*bottom termination components*).

Los componentes BTC son los más comunes hoy en día. La combinación de un tamaño reducido, un desempeño electrónico alto, la habilidad de transferir calor fuera del circuito integrado, ha dado lugar a que se conviertan en los productos con la tasa de crecimiento más alta.

Teniendo en cuenta que las principales ventajas de los encapsulados sin patas de perfil bajo es la disipación de calor, cualquier void que conecte la almohadilla térmica del componente a la placa de circuito impreso, degradará el rendimiento del componente, dando lugar a problemas de operación del mismo y una menor fiabilidad.

Existe un acuerdo general en cuál es el área promedio de los voids que se acepta, esta debe ser menor del 50%, sin que ningún void, de manera individual supere el 40%. En almohadillas térmicas se prefiere un área de vacío de menos del 25%. Algunas aplicaciones motrices exigen un área promedio de vacíos inferior al 10%.

Para reducir los voids en los componentes BTC, se necesita controlar la PWB y los componentes, optimizar la pasta de soldadura, la impresora estencil, el equipo de colocación de componentes y el horno de refusión.

4. Explicar cómo se pueden proponer soluciones para evitar el *Voiding*.

Para evitar el voiding en las uniones de soldadura se pueden aplicar estrategias como:

- Se ha comprobado que el uso de un stencil más ancho, hace que el el área del void sea menor debido a la mayor separación permite una ventilación más fácil de la pasta de soldadura.



- Se han realizado experimentos en los cuales se ha visto que variando el tamaño de las partículas de la pasta de soldadura, resulta en una ligera reducción en el área del void con una pasta de soldadura pequeña (tipos 4, 4.5, 5). Sin embargo, el área del void aumenta de manera significativa con la pasta del tipo 3.
- Se ha evaluado el efecto de los diferentes pastas de soldadura. Algunas pastas produjeron aproximadamente un 5 % de voids, mientras que otras produjeron hasta un 45%. Estos resultados no solo fueron sorprendentes, sino también muy alentadores.
- La superficie de diseño de las almohadillas y el acabado de la máscara también se pueden optimizar para reducir la formación de voids. Los estudios demuestran que agregar máscara de soldadura y dividir una gran almohadilla de tierra en múltiples almohadillas más pequeñas, puede reducir la formación de vacíos, ya que esto proporciona canales permanentes para liberar los gases del fundente.
- La fuerza de colocación y la altura, también pueden influir en el rendimiento. Es importante tener en cuenta que si los componentes se colocan aplicando demasiada fuerza, la altura del componente se minimiza, dificultando la liberación de los gases.
- El equipo de refusión al vacío ha ayudado a minimizar la formación de voids.

5. En qué consiste el *Grapping*.

Conforme los depósitos de pasta de soldadura reducen su tamaño, la superficie de área relativa de partículas de soldadura expuesta aumenta, y la cantidad de flujo para quitar los óxidos de la superficie disminuye. A esto se suma el calor adicional necesario para el reflujo.

La mayoría de soldaduras libres de plomo, dan como resultado una fórmula que propicia la aparición de Grapping.

Durante el proceso de calentamiento, a medida que la viscosidad de la pasta disminuye y comienza a extenderse hacia abajo y hacia afuera, las partículas de soldadura quedan expuestas en la parte superior del depósito de pasta de soldadura. Las partículas pueden oxidarse. Estos óxidos inhibirán la coalescencia total de las partículas en una junta de soldadura uniforme. Estas partículas presentan forma de racimo de uvas.

6. En qué consiste el efecto denominado *Head-in-pillow*.

El Head-in-Pillow (HiP) ocurre en componentes BGA y se caracteriza por la falta de fusión entre la esfera de soldadura del componente y la pasta de soldadura de la PCB, dando la apariencia de que la esfera de soldadura “flota” en la pasta. Este fenómeno se puede deber a:

- Incompatibilidades térmicas que causan expansión o contracción disparejas.
- Perfil de reflujo inadecuado o falta de alineación. El resultado es una unión frágil que puede fallar fácilmente, especialmente en condiciones de vibración o choque térmico.

7. En qué consiste el efecto denominado *Tombstoning* en los componentes pasivos. Soluciones posibles para minimizar este efecto.

El efecto lápida, es causado por las fuerzas de tensión superficial que son desiguales creadas durante la fusión de la pasta de soldadura en lados opuestos del componente pasivo. Estas fuerzas hacen que el componente se levante en uno de sus extremos, rompiendo el contacto con el circuito.

En cuanto a las posibles soluciones para este efecto:

- La aleación de la soldadura. Una posible solución es el uso de una aleación que tenga una gran masa pastosa a medida que se derrite. El rango plástico es el rango de temperatura sobre el cual la soldadura está fundida y sólida. Aleaciones como el SnPbAg, como Sn62 o Indalloy100, se han usado para eliminar problemas de desecho con plomo debido a su mayor viscosidad.
- El diseño de la placa. Es importante que los ingenieros de fabricación trabajen de manera conjunta a los de diseño para eliminar defectos en la fabricación de la PCB. Si el desecho de la placa tiene un disipador de calor (capa de cobre) debajo o cerca de un componente pasivo, el otro lado estará más alejado, pudiendo afectar este disipador de calor al equilibrio térmico del conjunto.
- El diseño de la stencil. Minimizar la cantidad de pasta de soldadura impresa en las almohadillas de la PCB también puede reducir este efecto. Especialmente reducir la cantidad de soldadura.
- En el proceso de impresión, es clave evitar defectos de línea. Si un componente pasivo tiene más pasta en un lado que en otro, el componente puede estar colocado en una posición donde sólo esté en contacto una de sus partes. La inspección de pasta de soldadura puede ayudar a garantizar que estos depósitos se encuentren dentro de las especificaciones, y que un depósito no sea mayor que el otro.
- Controlar la fuerza de colocación y la altura para el montaje antes de la producción. Ya que esto puede resultar en que las piezas se coloquen torcidas. A pesar de que la soldadura tiende a auto alinearse, si el componente está colocado de manera incorrecta, producirá problemas.
- Disminuir el aporte total de calor. Esto puede ser difícil lograrlo en un horno de reflujo. Otra forma es usar un perfil de reflujo de remojo para lograr el equilibrio térmico para que ambos depósitos entren en la fase líquida al mismo tiempo. Se recomienda no usar soldadura con gama de plástico.

8. En la fabricación usando *stencil*, se producen defectos cuando falta pasta de soldadura. Esto



se conoce como *Solder Paste Insufficients*. Explicar con detalle el ejemplo que se presenta en la página 30.

Este ejemplo analiza cómo calcular y evaluar dos relaciones fundamentales en la impresión de pasta de soldadura: el aspect ratio (relación de aspecto) y el area ratio (relación de área) de los stencils utilizados en la aplicación de la pasta.

Aspect Ratio: Este cálculo evalúa si las aberturas en el stencil permitirán que la pasta fluya adecuadamente. En este ejemplo, se usa un stencil de 4 mil de grosor (0.10 mm) y una PWB (Printed Wiring Board o tarjeta de circuito impreso) con espacios de 0.4 mm entre aberturas rectangulares de 0.2 mm de ancho. El aspect ratio se calcula dividiendo el ancho de la abertura entre el grosor del stencil:

$\text{Aspect Ratio} = 0.2 \text{ mm} / 0.1 \text{ mm} = 2$. Un aspect ratio de 2 indica que el flujo de pasta de soldadura debería ser adecuado.

Tipo de Pasta de Soldadura (Tipo 4): Se planea usar una pasta de soldadura de tipo 4. La pasta de tipo 4 tiene un tamaño máximo de partículas de 38 micrones o 0.038 mm. Según la regla del cálculo, el tamaño máximo de partículas multiplicado por 5 debe ser menor que el ancho de la abertura:

$5 \times 0.038 \text{ mm} = 0.19 \text{ mm}$, lo cual es adecuado para la abertura de 0.2 mm, por lo que una pasta tipo 4 es una buena elección.

Area Ratio: Evalúa la relación entre el área del pad y la apertura del stencil en componentes con espacios más pequeños. En los encapsulados de tipo chip-scale, hay espacios de 30 mil (0.75 mm) y el ancho del pad es de 12 mil (0.30 mm). El area ratio se calcula como:

$D / 4t = 0.30 / (4 \times 0.1) = 0.75$. Un resultado mayor de 0.66 indica que la relación de área es suficiente para una buena impresión.

Comparación del Tamaño de las Partículas con la Apertura: Para evitar problemas de atasco o mala impresión, el diámetro de las partículas de soldadura debe ser significativamente menor que el tamaño de la abertura. Aquí se compara 8 veces el tamaño máximo de las partículas de la pasta de tipo 4 (0.038 mm) con el tamaño de la abertura.

$8 \times 0.038 \text{ mm} = 0.304$, que es un poco mayor que el tamaño de la abertura (0.30 mm), pero se considera aceptable ya que la diferencia es solo de un 1%.

9. ¿Los problemas de *Solder Balling & Beading* cuándo pueden aparecer? ¿Quién los puede hacer aparecer? y ¿qué recomendaciones se deben seguir?

Estos problemas pueden aparecer durante el proceso de reflujo en la tecnología de montaje superficial, SMT. Esto ocurre cuando pequeñas partículas de pasta de soldadura no se fusionan con el charco principal de soldadura durante el proceso de reflujo y se dispersan cerca de la unión de soldadura. Es más propenso a la aparición cuando las partículas que no se han fundido correctamente, se dispersan en la superficie del circuito impreso.

Los problemas que pueden hacer aparecer este fenómeno, son:

- El diseño de las aberturas de la plantilla. Si las aberturas son del mismo tamaño que el pad, puede haber un exceso de pasta de soldadura en la parte interna.
- Un mal sellado de la plantilla durante la impresión de pasta puede causar acumulación de pasta de soldadura debajo de la plantilla.
- La metalización del sustrato puede contribuir al aumento del fenómeno. Si los pads están demasiado cerca, o si la máscara de soldadura no cubre correctamente las áreas adyacentes a los pads.

Las recomendaciones a seguir:

- Utilizar un diseño de plantilla reducido, que minimiza el exceso de pasta de soldadura.
- Verificar que los componentes y los sustratos tengan una excelente soldabilidad para asegurar que la pasta se funde correctamente
- No aplicar demasiada presión durante la impresión y la colocación de los componentes
- Asegurarse de que la plantilla tenga un buen sellado y esté limpia para evitar la transferencia de pasta a áreas no deseadas
- Mantener la humedad relativa en el entorno de trabajo por debajo del 50% para evitar que la pasta de soldadura se degrade
- Seguir técnicas adecuadas para manejar la pasta de soldadura
- No guardar la pasta de soldadura sobrante, ni mezclarla
- Especialmente en pastas higroscópicas, no dejar pasta en la plantilla para uso posterior
- Elegir material y grosor adecuados de la máscara de soldadura
- Ajustar el perfil de reflujo para no ser ni demasiado largo ni corto
- Reducir la cantidad de pasta de soldadura impresa ajustando el tamaño de la abertura o el grosor de la plantilla
- Aumentar el espacio entre los pads adyacentes para evitar que se forme solder balling
- Verificar la colocación de los componentes
- Prehornear los componentes o las placas para eliminar humedad
- Verificar que la pasta de soldadura tenga suficiente actividad de flux

- Usar polvo grueso en la pasta de soldadura siempre que sea posible
- Asegurar que la pasta de soldadura esté libre de óxidos y contaminantes
- Aumentar la carga metálica de la pasta de soldadura
- Consultar al proveedor de la pasta para optimizar estos cambios en los materiales y mejorar la calidad del proceso de soldadura

10. Se recuerda al alumno que una traducción directa del documento no se aceptará, por lo que el alumno deberá ampliar la respuesta.

