

# DEFECTOS EN LA SOLDADURA

---

TECNOLOGÍA DE CIRCUITOS IMPRESOS

JOSE FRANCISCO DAFOS ALEX

UNIVERSIDAD DE GRANADA | PEPEDAFOS@CORREO.UGR.ES

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

El cambio de *tin-lead* (estaño-plomo) a *lead-free solder* (soldaduras libres de plomo) implica la transición hacia el uso de materiales de soldadura que no contienen plomo. Esta transición fue impulsada, principalmente, por la directiva europea RoHS (*Restriction of Hazardous Substances*). Los motivos principales para dicho cambio fueron los diversos riesgos para la salud que implican el uso de dicho material, así como sus consecuencias para el medio ambiente.

Las soldaduras tipo *tin-lead* mezclan estaño y plomo en una proporción de aproximadamente 60/40, utilizándose ampliamente por su bajo punto de fusión y su buena humectación, así como sus buenas propiedades mecánicas. Por otro lado, las soldaduras *lead-free* sustituyen la anterior aleación por otras con materiales como plata, cobre o bismuto.

Como se ha mencionado anteriormente, uno de los principales motivos para la transición entre ambas soldaduras es la alta toxicidad del plomo, tanto para los humanos como para el medio ambiente. No obstante, la transición a la soldadura libre de plomo deriva en múltiples consecuencias técnicas:

- Aumento de la temperatura de fusión: Las soldaduras *lead-free* poseen un punto de fusión más alto que las *tin-lead*, con casi 40°C de diferencia.
- Peores propiedades de flujo y humectación: Las soldaduras *lead-free* no fluyen ni humedecen igual de bien que las que poseen plomo, dificultando el proceso de ensamblaje.
- Dificultad de adaptación para componentes más pequeños: Tal y como se ha mencionado en el punto anterior, las propiedades de este tipo de soldadura no facilitan la adaptación a procesos de montaje más reducidos, dando lugar a defectos en los procesos de ensamblaje.
- Menor fiabilidad en las soldaduras: Las soldaduras *lead-free* son más frágiles, siendo más propensas a fallos o roturas.
- Incremento en los costes de producción: Los materiales utilizados en las soldaduras *lead-free* son más caros que los utilizados en las soldaduras *tin-lead*.

### 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* en las uniones de soldadura ocurre cuando se forman vacíos o huecos en la soldadura durante el proceso de ensamblaje, ocurriendo principalmente en soldaduras *lead-free*. Este suceso se debe principalmente a la liberación de gases del fundente debidos a las altas temperaturas de fusión, además de las velocidades de humectación más lentas. Este fenómeno puede trasladarse a los encapsulados BGA (*Ball Grid Array*), el cual puede observarse en la figura 1.1.

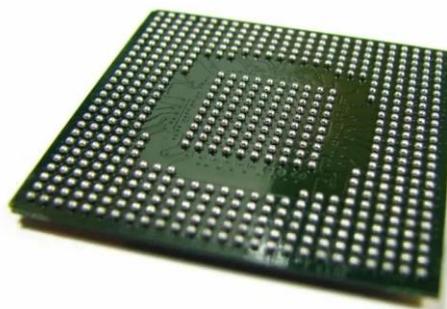


Figura 1.1: Encapsulado BGA (*Ball Grid Array*)

Este tipo de encapsulados presentan una gran cantidad de bolas de soldadura de tamaño muy reducido, en un espacio muy limitado. Este efecto puede dar lugar a diversos errores:

- Menor resistencia mecánica: Puesto que la soldadura no se realiza correctamente, la unión pierde resistencia mecánica.
- Aumento de la resistencia eléctrica: La aparición de huecos en la soldadura implica una mayor dificultad en la disipación del calor generado, reduciendo significativamente la conductividad térmica.
- Reducción de la vida útil de la unión.

**3. Explicar en qué consiste el Voiding en los BTC.**

En este caso, el voiding para soldaduras BTC (*Bottom Termination Components*) hace referencia a la presencia de vacíos o burbujas de aire en las conexiones de soldadura que conectan el componente con la placa de circuito impreso. Un ejemplo de este tipo de soldadura puede observarse en la figura 1.2.

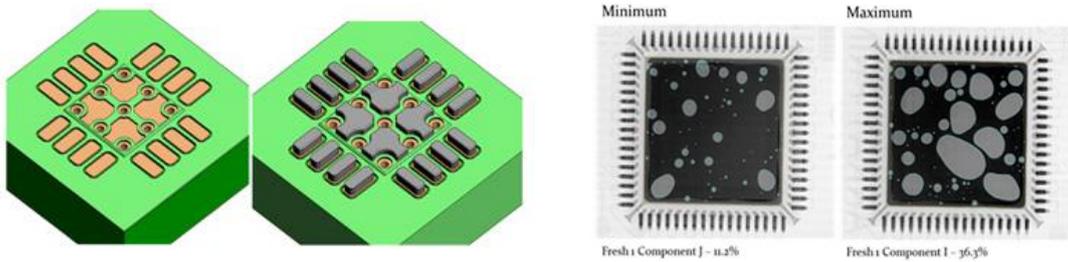


Figura 1.2: Soldaduras tipo BTC

Los efectos de voiding descritos anteriormente también aplican a este tipo de soldadura, incluyendo además otro adicional, como es la pérdida de rendimiento térmico. Algunos BTC dependen de la soldadura para transferir el calor desde la almohadilla térmica del componente hacia la placa de circuito impreso. La presencia de vacíos en la soldadura dificulta la transferencia térmica, sobrecalentando el componente y dando lugar a posibles fallos térmicos.

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

Para realizar un listado de soluciones al problema del voiding, es necesario identificar en primer lugar las posibles causas del mismo. Para ello, es especialmente útil el uso del diagrama de Ishikawa, tal y como se puede observar en la figura 1.3.

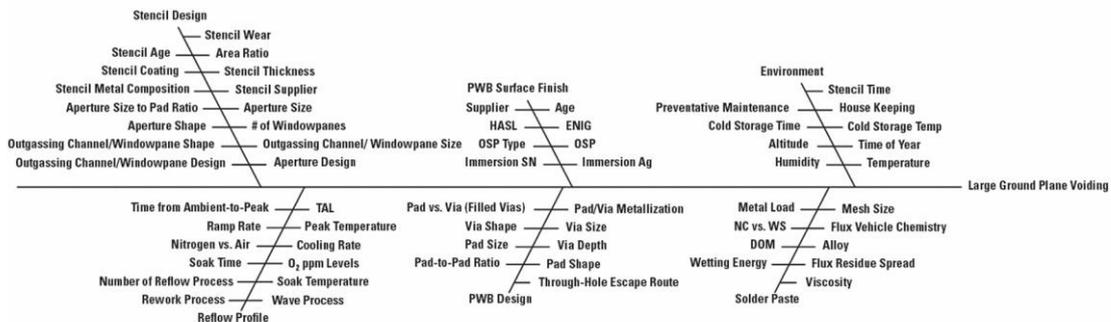


Figura 1.3: Diagrama de Ishikawa para el voiding

A la hora de realizar dicho diagrama, es necesario valorar múltiples factores, tales como los materiales utilizados (tanto para la soldadura como para los componentes), propiedades de la placa de circuito impreso, métodos utilizados en el proceso, etc.

Un buen comienzo para evitar el *voiding* es llevar a cabo un buen control de la temperatura, sin llevarla a un exceso que produzcan vacíos por evaporación de los materiales o, por el contrario, temperaturas demasiado bajas que den lugar a una soldadura defectuosa. Además, se debe aplicar flux de calidad y de manera uniforme en el área de la soldadura, eliminando el sobrante una vez realizada.

Por otro lado, es necesario llevar a cabo un control en el proceso de enfriamiento, ya que un proceso de enfriamiento demasiado rápido podría dar lugar a tensiones internas, creando vacíos.

Por último, se propone el uso de tecnologías de vacío, eliminando las burbujas de aire atrapadas.

**5. ¿En qué consiste el Graping?**

El *graping* es un defecto en la soldadura que ocurre durante el proceso de reflujo. Este defecto ocurre cuando una soldadura no cubre completamente la superficie de unión entre dos superficies, dando lugar a un contacto discontinuo. Este defecto puede observarse en la figura 1.4.



Figura 1.4: Defecto graping

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

El efecto *Head-in-pillow* se presenta principalmente en la tecnología de montaje superficial. Este efecto se produce cuando las esferas de soldadura no se fusiona de manera adecuada con la pasta de soldadura, creando una conexión eléctrica débil o inexistente. En la figura 1.5 pueden observarse las diferentes variantes de este tipo de defecto.

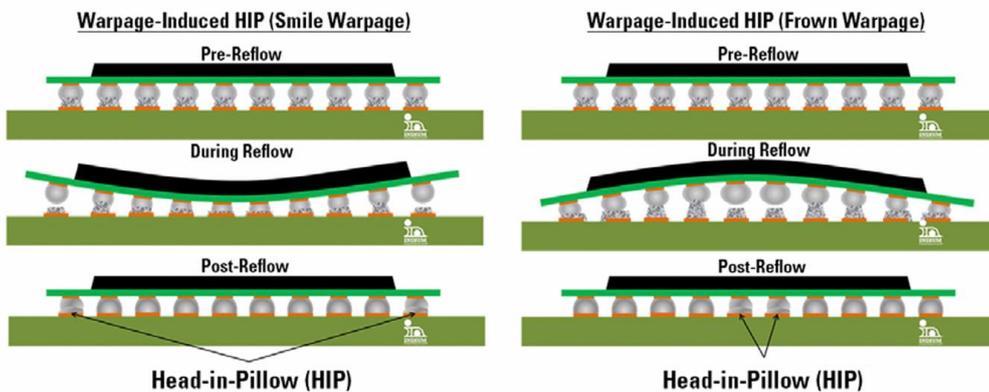


Figura 1.5 Defecto de soldadura Head-in-pillow

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

El efecto *Tombstoning* se produce en componentes pasivos, principalmente en componentes pequeños como resistencias o condensadores. Este efecto se produce cuando uno de los terminales del componente se levanta, perdiendo el contacto con el pad. Por lo tanto, el principal problema que genera este efecto es la creación de conexiones eléctricas abiertas.

Este efecto se debe a las fuerzas de humectación desiguales durante el proceso de reflujo. Para solucionarlo, se proponen los siguientes mecanismos:

- Colocar los componentes pasivos en áreas de calentamiento uniforme.
- No colocar disipadores térmicos en zonas cercanas a dichos componentes.
- Reducir la cantidad de soldadura depositada en el pad.
- Usar un perfil de reflujo con una rampa gradual para igualar las temperaturas de los pads.

**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.**

En primer lugar, se lleva a cabo el cálculo del *Aspect Ratio*. Este parámetro determina la relación entre el ancho de la apertura y el espesor del *stencil*, y se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Aspect Ratio} = \frac{\text{Ancho apertura}}{\text{Espesor Stencil}} = \frac{0.2 \text{ mm}}{0.1 \text{ mm}} = 2$$

Una vez hecho esto, se verifica el tamaño de la esfera de soldadura. Sabiendo que la pasta Tipo 4 tiene un tamaño máximo de partículas de  $0.038 \text{ mm}$ , se aplica la regla de “5 bolas de soldadura”, de manera que el ancho de la apertura debe ser al menos cinco veces el tamaño máximo de las partículas:

$$5 \cdot \text{Tamaño Máximo Partícula} = 5 \cdot 0.038 \text{ mm} = 0.19 \text{ mm}$$

Por lo tanto, se verifica que la pasta Tipo 4 es adecuada para este caso.

Una vez hecho lo anterior, se calcula el parámetro *Area Ratio*. Este parámetro indica si la pasta se depositará adecuadamente en aperturas pequeñas.

$$\text{Area Ratio} = \frac{\text{Ancho almohadilla}}{4 \cdot \text{Espesor Stencil}} = \frac{0.3 \text{ mm}}{4 \cdot 0.1 \text{ mm}} = 0.75$$

Sabiendo que el valor mínimo recomendado es de  $\text{Area Ratio} = 0.66$ , se puede concluir que la pasta debería fluir correctamente y de manera uniforme.

Por último, se verifica la regla de 8 diámetros, de manera que se eviten problemas por la falta de fusión. Esta regla establece que ocho veces el tamaño máximo de las partículas debe ser menor o igual al ancho de la apertura:

$$8 \cdot \text{Tamaño máximo partícula} = 8 \cdot 0.038 \text{ mm} = 0.304 \text{ mm}$$

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

Los problemas de *Solder Balling & Beading* pueden surgir en el proceso de ensamblaje SMT debido a múltiples factores. Principalmente, suelen aparecer en el proceso de reflow (por exceso de soldadura, humedad, oxidación) o debido a un incorrecto manejo de la pasta de soldadura, así como por un incorrecto diseño de la PCB (pads muy cercanos o sin máscara de soldadura entre ambos). Otros factores que pueden ocasionar este problema es la presión excesiva durante la colocación, así como un incorrecto alineamiento.

Para evitar la aparición de este problema, se propone lo siguiente:

- Diseño de stencil adecuado.
- Optimización del perfil de reflow, con variación lenta y un precalentamiento adecuado.
- Evitar la oxidación.
- Controlar la humedad y realizar un correcto manejo de la pasta de soldadura.
- Dimensionar correctamente la distancia entre pads, así como su alineación.