

Lunkerbildung im Weichlötprozess

Dampfphasen-Vakuum-technik gegen Lunker

Lunker in Lötstellen werden dank etablierter Röntgenkontrolltechnik immer einfacher sichtbar und immer mehr Anwender sehen sich gezwungen, sich mit den Auswirkungen von Lunkern auf Funktionalität und Lebensdauer von Baugruppen auseinander zu setzen. Hinzu kommt die Umstellung der Produktion auf RoHS-konforme Produkte und Prozesse, die ebenfalls Auswirkungen auf die Lunkerbildung hat. Die Dampfphasen-Technologie und speziell der Einsatz des Vakuumlötprozesses bietet optimale Lösungen zur größtmöglichen Reduzierung der Lunkerbildung.

Sucht man nach den Ursachen, die zur Lunkerbildung beim Lötprozess führen, zeigen sich verschiedenste Phänomene wie

- ▶ kristalline Einschlüsse von Flussmittel,
- ▶ Blasen durch Ausgasungsprozesse von Lösemitteln und eingelagerter Feuchte aus Baugruppen- und Bauelemente-Materialien,
- ▶ Ausgasungen von nicht polymerisierten Photoresisten aus den Lötstopplacken,
- ▶ Einschlüsse von Luft unter Bauteilen als Folge von ungeeignetem Pastendruck oder Paddesign,
- ▶ reaktive Gase, die bei der Beseitigung der Oxydschichten durch Flussmittel entstehen,
- ▶ metallische Fehlstellen oder
- ▶ Wechselwirkungen zwischen unterschiedlichen Materialien und deren Diffusionseigenschaften.

Je nach Größe der Lunker unterscheidet man in der Literatur dabei zwischen Micro- (viele kleine und kleinste Bläschen) und Macro-Voids (größere homogene Blasen). Unabhängig von der konkreten Erscheinungsform ist aber festzustellen, dass eine Lunkerbildung regelmäßig durch das Zusammentreffen mehrerer der oben genannten Phänomene verursacht wird.



Bild 1: Röntgenaufnahme eines BGAs und eines Leistungstransistors mit mittlerer Lunkerrate (Macro Voids)

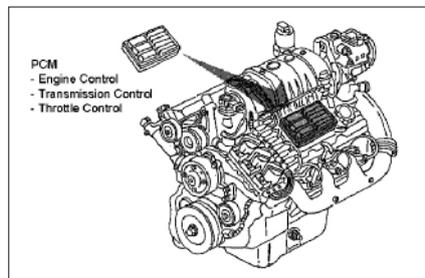


Bild 2: Einsatzbedingungen mit höchsten Anforderungen an die Elektronik

Bleifrei forciert Lunkerbildung

Warum entstehen in bleifreien Lötprozessen mehr Lunker als bisher?

Auffällig ist, dass im Bleifrei-Prozess mehr Lunker entstehen, als dies zuvor in der Produktion im bleihaltigen Prozess. Hier hat eine produktionsbegleitende Auswertung der Beobachtungen und Erfahrungen von Anwendern, die den Produktionsprozess von bleihaltig auf bleifrei umgestellt haben, Ursachen- und Erklärungsansätze geliefert.

- ▶ Die im Bleifreiprozess zwingend auftretenden höheren Temperaturen und Verweilzeiten führen zu einem deutlich größeren Ausgasungsvolumen von Feuchte und Lösemitteln.

- ▶ Chemische Bestandteile bei der Herstellung von Baugruppen und Bauteilen müssen zur Erreichung höherer Temperaturbeständigkeiten verändert werden.
- ▶ Durch das deutlich höhere Oxydaufkommen entstehen mehr reaktive Gase beim Aktivieren der Flussmittel.
- ▶ Die an die höheren Temperaturen angepasste Pastenchemie kann im Einzelfall ebenfalls höhere Lunkerraten verursachen.

Welche negativen Einflüsse haben Lunker auf die Produktqualität?

Die zu beobachtende Zunahme der Lunkerbildung im Bleifrei-Prozess wirft die Frage auf, ob es sich bei der Lunkerbildung um ein vernachlässigbares Phänomen oder einen ernst zu nehmenden Produktionsfehler handelt. Um diese Frage beantworten zu können, müssen zunächst die grundsätzlichen Einflüsse der Lunkerbildung auf die Produktqualität betrachtet werden. Als wesentlichste negative Einflüsse lassen sich dabei feststellen:

- ▶ Eingeschränkte Entwärmung von Bauteilen oder Strukturen,
- ▶ reduzierte Festigkeit von Lötstellen,
- ▶ Einschränkungen der Leistungsfähigkeit der Bauteile und Baugruppen im Hochfrequenzbereich,
- ▶ reduzierte Vibrationsfestigkeit,
- ▶ reduzierte Belastbarkeit von Bauteilen (z. B. Powermodule),
- ▶ erhöhte Lötfehlerbildung (Brücken, Lot-spritzer z. B. bei Micro BGAs).

AUTOR
 Claus Zabel, Asscon Systemtechnik
 Elektronik GmbH in Königsbrunn

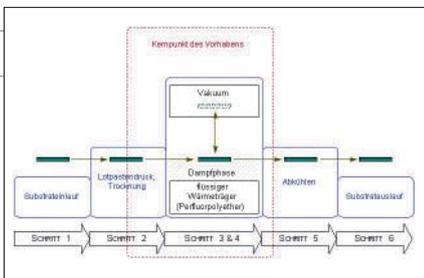


Bild 3: Prinzip eines Dampfphasen-Vakuumlöt-systems

Lötfehler sind auf konventionelle Art nur noch sehr eingeschränkt nachweisbar. Die Baugruppen werden mittlerweile häufig geröntgt. Und trotz gleicher Lunkerrate kann das Schädigungspotenzial je nach Lunkertyp (Micro oder Macro) unterschiedlich sein (Bild 1).

Die bisherigen Erfahrungen haben gezeigt, dass die Lunkerbildung im konventionellen Bereich mit bleihaltigen Loten bis auf Leistungselemente in den meisten Fällen noch akzeptable Dimensionen aufweist.

Der vermehrte Einsatz von Leistungsbau-teilen und der Zwang zu weiterer Minia-turisierung kann jedoch eine Neubewer-tung der Situation notwendig machen. Zudem führen geänderte Rahmenbedin-gungen in RoHS-konformen Produktions-ketten zu anderen Ergebnissen als bisher gewohnt. Die steigenden Anforderungen der Kunden an die lückenlose Nachverfol-gung der Produktionsschritte sowie ent-sprechendes Krisenmanagement im Feh-lerfall machen es notwendig, genauer denn je Fehlermechanismen zu verstehen und Schlüsse daraus zu ziehen. Ein weiterer Aspekt sind gestiegene Anforderungen an die Leistungsfähigkeit heutiger Pro-dukte und z. B. deren Einsatz in kritischen Bereichen wie etwa motornahe Elektro-nik im Automotiv-Bereich (Bild 2).

KOMPAKT

Bedingt durch die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die dem Dampfphasenlöten mit gesättigtem Dampf zugrunde liegen, ergeben sich in Kombination mit der Vakuumtechnologie äußerst stabile Verhältnisse beim Löten ohne Lunker.

Akzeptabel oder nicht?

Wann ist die Lunkerbildung nicht mehr akzeptabel und wann besteht Handlungsbedarf?

Es müssen Kriterien gefunden werden, die bei der Entscheidung helfen, ob ein bestimmter Grad an Lunkerbildung noch akzeptiert werden kann oder ob Maßnahmen zur Reduzierung der Lunkerbildung eingeleitet werden müssen. Vereinfacht bestehen folgende drei Ansätze für die Prüfung eines Handlungsbedarfs: ►



Bild 4: Lunkerfreier Leistungs-Chip, Leistungstransistor und BGA nach Lötung in einem Asscon-Dampfphasen-Vakuum-Lötsystem

- ▶ Die Lunkerbildung verursacht direkt Produktionsfehler oder führt in kürzester Zeit im Feld zu Ausfällen.
- ▶ Der Kunde verlangt ein Endprodukt, das klar definierten Normen entsprechen muss. Häufig sind dort maximal zulässige Lunkerraten vorgegeben (z. B. IPC-610 max. 25 %).
- ▶ Schon bei der Konzeption eines neuen Produktes sind die Anforderungen an die Lunkerrate höher, als mit klassischen Prozessen stabil realisierbar.

Maßnahmen bei über 15 % Lunker

Falls die Abwägung aller Umstände zu der Notwendigkeit führt, die Lunkerbildung zu reduzieren und auf einem bestimmten Level sicher zu halten, müssen bestehende Prozesse optimiert werden. Es können Wechsel von Materialien und Hilfsstoffen erforderlich werden, die auch einen Wechsel von Lieferanten oder Bauteilherstellern notwendig machen können. Die wichtigsten Maßnahmen hierbei sind:

- ▶ Einsatz speziell optimierter Lotpasten,
- ▶ Verwendung spezieller Geometrien im Pastendruck (Bewährt haben sich z. B. Stern- oder Kreuzgeometrien, die auch als Drainagedruck bekannt sind. Negativ müssen etwa flächige, raster- oder punktförmige Geometrien bewertet werden.),
- ▶ exakte Anpassung des Lotvolumens an die Anschlussgeometrie,
- ▶ Reduktion der Prozesstemperaturen und Lötzeiten,
- ▶ Tempern von Baugruppen und Bauteilen sowie
- ▶ Sicherstellen einer vollständigen Polymerisation des Lötstopplackes.



Bild 5: Das VP 6000 Vakuum-Lötsystem von Asscon

Lunkerraten unter 15 % erreichen

Sollen dagegen qualitativ hochwertige Lötstellen mit Lunkerraten von weniger als 15 % erreicht werden, muss am Lötprozess selbst angesetzt werden. Solche Anforderungen können nur noch durch den Einsatz von Vakuum während oder nach dem Löten erreicht werden. Bisher angewandte Verfahren sind hier das Vakuumlöten mittels IR-Strahlern oder Kontaktwärmeplatten. Die heute geltenden Vorschriften an den Lötprozess (z. B. J-STD-020C), machen aber einen Vakuumlötsprozess mit niedrigen Lunkerraten mit Strahlung oder Kontaktwärme in bleifreien Lötprozessen nahezu unmöglich. Ein regelkonformer SMD-Weichlötprozess mit niedrigen Lunkerraten ist heute im Grunde nur noch durch die Kombination des Dampfphasenlötens mit nachgeschaltetem Vakuumprozess sicherzustellen.

Das Dampfphasen-Vakuumlötsverfahren

Das Vakuumlöten in der Dampfphase wurde im Rahmen eines Kooperationsprojekts 1997 von der Asscon GmbH zusammen mit Semikron entwickelt und patentiert. Kernpunkt dieses Verfahrens ist die Kombination eines völlig variablen Dampfphasen-Lötprozesses mit gesättigtem Dampf und einer nachgeschalteten Vakuumkammer (Bild 3). Hierdurch werden die bekannten Vorteile des Dampfphasen-Lötens, nämlich das schonende, oxydfreie und mit Hilfe der variablen Temperaturgradientensteuerung (TGC) optimale Aufwärmen des Lötgutes kombiniert mit der herausragenden Qualität einer vakuum-behandelten Lötverbindung.

In der Vakuumkammer werden unmittelbar nach dem Löten vorhandene Lunker aus der noch flüssigen Schmelze entfernt. Je nach Anforderungen des Lötgutes kann in den Dampfphasen-Vakuum-Lötanlagen eine klassische Vakuumkennlinie oder ein in Stufen programmierbares Vakuum erzeugt werden. Durch die räumlich getrennte Auslegung der Funktionen Löten und Vakuum ist ein effektiver Ablauf beider Prozesse möglich.

Prozesssicherheit

Bedingt durch die physikalischen Gesetzmäßigkeiten, die dem Dampfphasenlöten mit gesättigtem Dampf zugrunde liegen, ergeben sich in Kombination mit der Va-



Bild 6: Das VP 2000 Vakuum-Lötsystem von Asscon

kuumtechnologie äußerst stabile Verhältnisse. Die Hauptvorteile lassen sich im Wesentlichen wie folgt zusammenfassen:

- ▶ Lunkerraten unter 1 % sind in der laufenden Produktion realisierbar (Bild 4).
- ▶ Überhitzungen, Bauelementeschäden und Delaminationen können bei richtigem Einsatz der Bauelemente aufgrund der physikalischen Gesetzmäßigkeiten nicht auftreten.
- ▶ Es findet eine zu 100 % sauerstofffreie Lötung statt bei
- ▶ einer äußerst homogenen Energieverteilung auf der Baugruppe.
- ▶ Dreidimensionale Produkte sind problemlos zu verarbeiten.
- ▶ Niedrigster Energiebedarf wird durch hohen Wirkungsgrad erzielt.
- ▶ Es ergeben sich kürzestmögliche Prozesszeiten, da durch die homogene Durchwärmung ein einstellbarer konstanter Gradient ohne Haltezeiten gewählt werden kann. Dies bietet gerade bei empfindlichen Bauelementen und bleifreien Produkten erhebliche Vorteile. Der Vakuumschritt verlängert die Prozesszeit nur unwesentlich.

Ausblick

Mit gezielter Analyse der Ursachen und Wirkungsweisen der Lunkerbildung kann schon durch Prozessoptimierung und gezielte Auswahl der verwendeten Materialien das Auftreten von Lunkern in vielen Fällen verringert werden. Eine optimale Lösung zur Reduzierung der Lunkerbildung bietet die Dampfphasen-Technologie kombiniert mit dem Einsatz des Vakuumprozesses. Asscon setzt das von ihr in Kooperation mit Semikron entwickelte und patentierte Dampfphasen-Vakuumlötsverfahren in manuell beladbaren Batchanlagen, semiautomatische Anlagen und Inline-Anlagen ein, je nach vom Anwender gewünschter Fertigungsmenge und Automatisierungsgrad.

	infoDIRECT	422pro506
	www.all-electronics.de	
	▶ Link zu Asscon	