

Inhalt:

1. Einleitung
 2. Vorgaben aus Normen
 3. Empfehlung für Verunreinigungslevel
 4. Begleitelemente, die besonders zu beachten sind
 - 4.1. Kupfer
 - 4.2. Blei
 - 4.3. Silber bei Zinn-Silber-Kupfer Loten
 - 4.4. Gold und Nickel bei Nickel-Gold Oberflächen
 - 4.5. Elemente aus dem Tiegelmateriale des Lottiegels
 5. Überwachung der Lotbäder
 6. Schrifttum
 - 6.1. Regelwerk
 - 6.2. Literatur
- Anhänge

1. Einleitung

In bleifreien Tauch-, Wellen- und Selektivlötprozessen lösen sich metallische Grundwerkstoffe mehr oder weniger stark im schmelzflüssigen Lot. Der Grad der Auflösung / Ablegerung ist dabei wesentlich abhängig von den verwendeten Basismaterialien (Metallisierung der Leiterplattenoberfläche und der Bauteilanschlüsse), der Lotzusammensetzung (SAC-Lote lösen Kupfer schneller als SC-Lote), der Prozesstemperatur und von den Prozesszeiten.

Dieses Merkblatt soll dem Anwender nützliche Hinweise geben, wie er die Verunreinigungen bleifreier Lotbäder überwachen und die Ergebnisse von Lotbaduntersuchungen bewerten kann.

2. Vorgaben aus Normen

Die Lotnormen DIN EN ISO 9453, DIN 1707-100 oder J-STD-006B liefern Vorgaben für die Herstellung der Legierungen. Die hierin festgelegten Grenzwerte, sowohl für Legierungselemente als auch für Verunreinigungen, sind immer auf den Auslieferungszustand des Lotes bezogen. Sie übertragen diese Maße auf die Lotbadzusammensetzung zu übertragen, führt früher oder später zu Problemen, da einzelne Level nicht eingehalten werden können. Einen Ausweg bietet hier der J-STD-001E, Anforderungen an gelötete elektrische und elektronische Baugruppen. Hierin ist ein Verunreinigungslevel für die Legierung Sn96,5Ag3,0Cu0,5 (SAC 305) aufgelistet. In Tabelle 1 sind die Verunreinigungen nach DIN EN ISO 9453 denen in J-STD-006B und J-STD-001E gegenübergestellt. Problematisch ist jedoch, dass für Silber und Kupfer nur obere Grenzwerte angegeben werden, was eine Steuerung des Prozesses nicht ermöglicht. Dieses ist vor allem vor dem Hintergrund zu sehen, dass vom Abnehmer eine Lötstelle mit einer vorgegebenen Legierung eine bestimmte Gehalte an Kupfer und Silber hat, garantiert wird.

Für die zweite häufig verwendete Legierung Sn99,3Cu0,7 sind solche Werte im J-STD-001E nicht vorhanden. Der Vollständigkeit wurden die Werte in Tabelle 2 entsprechend denen in Tabelle 1 aufbereitet. Der Wert für Silber wurde entsprechend gelöscht.

Tabelle 1. Gegenüberstellung Verunreinigungen Sn96,5Ag3,0Cu0,5 (SAC 305).

Element	Anlieferungszustand Lot		Lotbad
	ISO 9453: 2014 Alloy 711 [Gew. %]	J-STD-006B [Gew. %]	
Ag	2,8 - 3,2	2,8 - 3,2	4,0
Al	0,001	0,003	0,006
As	0,03	0,03	0,03
Au	0,05	0,05	0,2
Bi	0,10	0,10	0,25
Cd	0,002	0,002	0,005
Cu	0,3 - 0,7	0,4 - 0,6	1,1*
Fe	0,02	0,02	0,02
In	0,10	0,10	
Ni	0,01	0,01	0,05
Pb	0,07	0,07	0,1
Sb	0,10	0,20	0,2
Zn	0,001	0,003	0,005

* Ein maximaler Kupfergehalt von 1,0 % kann vereinbart werden.

Tabelle 2. Gegenüberstellung Verunreinigungen Sn99,3Cu0,7.

Element	Anlieferungszustand Lot		Lotbad
	ISO 9453: 2014 Alloy 401 [Gew. %]	J-STD-006B [Gew. %]	
Ag	0,10	0,10	
Al	0,001	0,005	0,006
As	0,03	0,03	0,03
Au	0,05	0,05	0,2
Bi	0,10	0,10	0,25
Cd	0,002	0,002	0,005
Cu	0,5 - 0,9	0,6 - 0,8	1,1*
Fe	0,02	0,02	0,02
In	0,10	0,10	
Ni	0,01	0,01	0,05
Pb	0,07	0,07	0,1
Sb	0,10	0,20	0,2
Zn	0,001	0,003	0,005

* Ein maximaler Kupfergehalt von 1,0 % kann vereinbart werden.

Die Veröffentlichung wurde von einer Gruppe erfahrener Fachleute in ehrenamtlicher Gemeinschaftsarbeit erstellt und wird als eine wichtige Erkenntnisquelle zur Beachtung empfohlen. Der Anwender muss jeweils prüfen, wie weit der Inhalt auf seinen speziellen Fall anwendbar und ob die ihm vorliegende Fassung noch gültig ist. Eine Haftung des DVS und derjenigen, die an der Ausarbeitung beteiligt waren, ist ausgeschlossen.

DVS, Ausschuss für Technik, Arbeitsgruppe „Weichlöten“

3. Empfehlung für Verunreinigungslevel

Basierend auf den Empfehlungen von IPC und den Auswirkungen, die Verunreinigungen auf das Lötergebnis haben, sind in der Tabelle 3 Werte für Verunreinigungen und Legierungselemente fest-

gelegt worden. Details zu den Auswirkungen, die Verunreinigungen oberhalb eines Wertes haben können, sind zur Information im Anhang 1 aufgeführt. In die Tabelle 3 sind Auswirkungen über das Auftreten einzelner Abweichungen bzw. Auswirkungen über die Aufkonzentration von Verunreinigungselementen eingeschlossen.

Tabelle 3. Verunreinigungslevel für typische Wellen- und Selektivlotbäder.

Element	Zinn-Silber-Kupfer		Zinn-Kupfer
	Sn96,5Ag3,0Cu0,5	Sn95,5Ag3,8Cu0,7	Sn99,3Cu0,7
Ag	2,7 – 3,3	3,3 – 4,0	0,10
Al	0,005	0,005	0,005
As	0,03	0,03	0,03
Au	0,10	0,10	0,10
Bi	0,1	0,1	0,1
Cd	0,002	0,002	0,002
Cu	0,3 – 1,0	0,5 – 1,0	1,0
Fe	0,02	0,02	0,02
In	0,10	0,10	0,10
Ni	0,05	0,05	0,05
Pb*	0,10	0,10	0,10
Sb	0,10	0,10	0,10
Zn	0,005	0,005	0,005

* Für Blei ist der limitierende Faktor nicht technisch bedingt. Die maximale Konzentration wird durch die RoHS 2011/65/EU vorgegeben.

Keine Beachtung finden in Tabelle 3 Dotierungen und Mikrodotierungen, die in Loten vorhanden sind bzw. vielfach in Anwendungen eingesetzt werden. Für diese Elemente kann nur auf die jeweiligen Herstellerempfehlungen verwiesen werden. Für andere Elemente kann Tabelle 3 jedoch uneingeschränkt eingesetzt werden (siehe auch Anhang 1).

4. Begleitelemente, die besonders zu beachten sind

4.1. Kupfer

Von der Leiterplattenoberfläche und den Bauteilen findet ein Absprezprozess von Kupfer statt. Dieser ist abhängig von der Legierung (Anmerkung: Silberhaltige Legierungen haben eine größere Kupferablösung) und der Temperatur. Daraus resultiert eine Aufkonzentration des Kupfers.

Maßnahmen:

- Kupferreduziertes Nachfülllot verwenden, wie es von Lötstellern angeboten wird.
- Teil- oder Komplettaustausch des Lotbades.

Zu beachten ist, dass sich Kupfer in den kalten Zonen des Lottiegels nadelförmig ablagert. Diese Nadeln können durch Pumpe und Düse auf die Leiterplatte gelangen und zu Brückenbildung führen. Aufgrund des hohen Schmelzpunktes von Kupfer (1085°C) gehen diese Nadeln bei den Standard-Pressstemperaturen in Wellen- und Selektivlötanlagen nicht wieder in Lösung, sondern sammeln sich in Form von Nestern in den "kalten" Zonen des Lotbades. Im Extremfall sind diese Nester über eine Serviceanalyse nicht detektierbar, da das überschüssige Kupfer nicht homogen im Lot gelöst ist.

Maßnahme:

- Anlage leeren und Kupfernester entfernen.

4.2. Blei

Ein Anstieg der Bleikonzentration oberhalb der Konzentration des Anlieferzustands deutet darauf hin, dass einzelne Bauteile eine Zinn-Blei-Oberfläche haben. Hierüber findet dann ein Bleieintrag statt. Es muss nicht zwingend ein Bleieintrag stattfinden, der die RoHS-Einhaltung gefährdet.

Maßnahme:

- Prüfen der verwendeten Bauteile auf ihre RoHS-Kompatibilität.

4.3. Silber bei Zinn-Silber-Kupfer Loten

Eine Aufkonzentration oder Verdünnung des Silbergehaltes im Lotbad ist im Normalfall nicht zu erwarten. Sollte die Konzentration außerhalb der von der Legierung vorgegebenen Konzentrationswerte liegen, ist Folgendes zu prüfen:

- Ist eine entsprechende Nachsatzlegierung verwendet worden?
- Bilden sich in kalten Zonen des Lottiegels Ablagerungen? Hier ist dann der Kupfergehalt des Lotbades zu prüfen (vgl. hierzu Begleitelement Kupfer).

4.4. Gold und Nickel bei Nickel-Goldoberflächen

Nickel-Goldoberflächen können zu einer Aufkonzentration der beiden Elemente führen. Obwohl die Verunreinigungslevel der beiden Elemente noch nicht erreicht sind, kommt es zu einer Erhöhung der Oberflächenspannung. Als Folge kann es zu Lotstörungen kommen.

Maßnahme:

- Teilaustausch des Lotbades

4.5. Elemente aus dem Tiegelmateriale des Lottiegels

Eine Auflösung des Tiegelmateriale bzw. von Pumpe und Düse sind durch Anreicherungen der Elemente Eisen, Chrom, Mangan und Titan im Lotbad zu detektieren. Für die Detektierung ist es erschwerend, dass nur Eisen als natürliches Begleitelement von