

# Wenn es knallt, ist der Popcorn-Effekt schuld

Kfz-Bauteile müssen einer größeren Löthitze Stand halten



Bild: Fotolia.com

Bei der Zulassung für den Automotive-Markt sind elektronische Bauelemente härteren Qualifikationsbedingungen ausgesetzt als in der Bleifrei-Produktion. Daher fordert die Automobilindustrie inzwischen ein verschärftes Qualifikationslötprofil für die höheren Verarbeitungstemperaturen der Branche. Dieses gilt für aktive wie passive Bauelemente.

■ Eckard Schöller

**D**urch die Umstellung der Halbleiter verarbeitenden Industrie auf die Oberflächenmontage wird bei der Baugruppenherstellung die gesamte Baugruppe im Reflowlötprozess der Löthitze ausgesetzt. Um Ausfällen während der Baugruppenfertigung oder im Markt vorzubeugen, empfiehlt das Stuttgarter Testlabor Microtec Lötprofilqualifikationen an aktiven und passi-

ven Bauteilen, Leiterplatten und Baugruppen. Vor allem die Zulieferer für den Automobilmarkt sollten nach Ansicht der Tester die erhöhten Anforderungen an Temperatur und Haltezeit in der Lötprofilqualifikation für den Automotive-Markt gegenüber anderen Märkten berücksichtigen.

Da Kunststoffgehäuse bis zu 0,5 Gewichtsprozent Feuchtigkeit aus der Umgebung >



**Eckard Schöller**  
ist Leiter Qualifikation Aufbau-  
und Verbindungstechnik  
bei Microtec in Stuttgart  
T +49/711/86709-0  
eckard.schoeller@microtec.de



Betrag als PDF auf  
www.EuE24.net



**Tabelle 1: Feuchtigkeitsklassen gemäß J-STD-020D (1 = unempfindlich, 6 = sehr empfindlich)**

Feuchtigkeitsklasse	Maximaler Zeitraum bis zur Verarbeitung (Lötprozess)	Prüfkriterien im Moisture-Sensitivity-Test zur Einordnung in die Klassen (°C/%RH, Dauer)
1	unbegrenzt bei ≤85 Prozent RH	(85/85) für 168 h
2	1 Jahr bei ≤30°C/60 Prozent RH	(85/60) für 168 h
2a	4 Wochen bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 696 h
3	1 Woche bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 192 h
4	3 Tage bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 96 h
5	2 Tage bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 72 h
5a	1 bzw. 2 Tage bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 48 h
6	Time on Label bei ≤30°C/60 Prozent RH	(30/60) für 6 h

aufnehmen, kann es beim Lötprozess zum so genannten Popcorn-Effekt an Bauteilen kommen: Feuchtigkeit lagert sich vor allem an den Grenzflächen zwischen Umhüllmasse und den internen Strukturen (IC oder Anschlüsse) an. Beim Lötprozess verdampft diese Feuchtigkeit schlagartig und kann Delaminationen, das heißt Abhebungen von Flächen oder Risse im Mikrobereich verursachen (Abbildung 2). Ohne entsprechende Untersuchung, beispielsweise mittels Ultraschallmikroskopie, bleiben diese Probleme unbemerkt. Einmal verbaut, kann das beschädigte Einzelbauteil komplette Steuergeräte außer Gefecht setzen. In den abgehobenen Flächen besteht kein Kontakt mehr zwischen Umhüllmasse und Halbleiter. Es entsteht ein Hohlraum. Feuchtigkeit, die sich hier festsetzt, löst oftmals zusätzlich Korrosion aus. Entsprechende Gegenmaßnahmen helfen, den Popcorn-Effekt zu verhindern. Dazu gehören Vorkehrungen nach J-STD-033B. Diese sind

- Trocknen der Bauelemente im speziellen Ofen, je nach Bauteiltyp und Feuchteklasse beispielsweise bei 125 °C/48 h (Relative Humidity, RH)
- Lagerung bei relativer Feuchte von <5 Prozent,
- Anlieferung im Moisture Barrier Bag oder im Dry-Pack sowie
- Verarbeitung innerhalb des Zeitraums, der auf dem Dry-Pack angegeben ist.

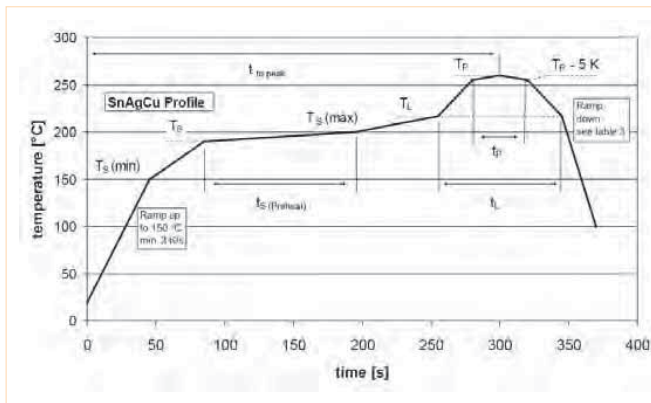
Um den Zeitraum zur Weiterverarbeitung der Bauelemente festzulegen, muss der Anwender zuerst die Feuchtigkeits-Empfindlichkeit (Moisture Sensitivity) der einzelnen Bauteile ermitteln. Mithilfe eines Moisture-Sensitivity-Tests werden Bauteile den unterschiedlichen Feuchtigkeitsklassen zugewiesen (Tabelle 1). Dieser Klassifizierungstest nach Standard J-STD-020D unterteilt in die Klassen 1 (nicht feuchtigkeitsempfindlich) bis 6 (höchst feuchtigkeits sensitiv) und vollzieht sich nach folgendem Ablauf:

- Eingangsuntersuchung der Bauelemente mit Ultraschallmikroskopie (Scanning Acoustic Microscopy),
- Trocknen der Bauelemente vor dem eigentlichen Test, je nach Klasse bei 125 °C/24 h, für eine einheitliche Ausgangsbasis aller Bauelemente,
- Temperatur-/Feuchtigkeitslagerung entsprechend der Feuchtigkeitsklasse,
- Reflow-Lötsimulation, die spätestens vier Stunden nach der Temperatur- und Feuchtigkeitslagerung innerhalb einer Stunde dreimal vorgenommen werden muss; Spitzentemperatur und Verweildauer je Temperatur beschreibt der Standard J-STD-020D für drei verschiedene Gehäusetypen; zusätzlich unterscheidet man zwischen SnPb-Loten und bleifreien Lotlegierungen: Dies sind SnPb-Lötprozesse bei Spitzentemperaturen von 220 bis 235 °C und Min-



**Tabelle 2: Übersicht verschiedener Qualifizierungslötprofile eines Bauteils mit <1,6 mm Dicke**

AQP-Toleranzen für kleine Bauteile			
	IPC/JEDEC J-STD-020D	IPC/JEDEC J-STD-020D	Automotive-Profil
Kriterien	verbleit	bleifrei	bleifrei
Anstiegsgradient in der Aufheizzone	<3 K/s	<3 K/s	≥3 K/s, mind. 10 s
Temperatur in Vorheizzone und Haltezeit	100 bis 150 °C 60 bis 120 s	150 bis 200°C 60 bis 180 s	190 bis 200 °C >115 s
Haltebereich oberhalb Schmelztemperatur-Lot	60 bis 150 s >183 °C	60 bis 150 s >217°C	>90 s >217 °C
Spitzentemperatur Toleranz Haltezeit	235 °C 0 bis -5 °C 10 bis 30 s	260 °C 0 bis -5 °C 20 bis 40 s	>260 °C 0 bis 5 °C ≥40 s
Zeit bis zur Spitzentemperatur	<6 min	<8 min	>5 min
Abfallgradient in der Kühlzone	<6 K/s	<6 K/s	≥6 K/s, mind. 10 s



**Abb. 1:**  
Automotive-Qualifikationslötprofil (AQP)  
für bleifreie Lötprozesse

destverweilzeiten von >20 s, bleifreie Lötprozesse bei Spitzentemperaturen von 245 bis 260 °C und Mindestverweilzeiten von >30 s. Eine Automotive-Lötprofilqualifikation erfordert 260 °C als Mindestwert der Spitzentemperatur bei einer Mindestverweildauer von >40 s (bei beispielsweise einer Bauteildicke <1,6 mm, Tabelle 2) sowie eine

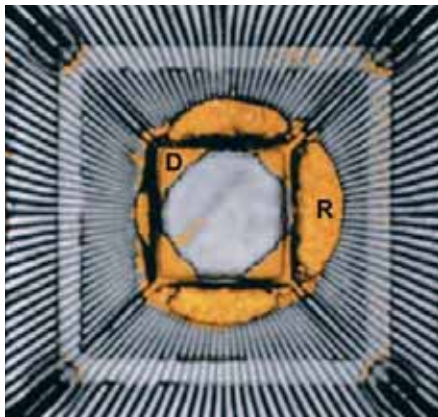
- abschließende Untersuchung auf Delamination und Risse mit Ultraschallmikroskopie.

Je nach gewünschter Zuverlässigkeit kann der Anwender einen Lebensdauer- und Zuverlässigkeitstest an den gestressten Bauelementen vornehmen, beispielsweise kann er die Alterung der Bauteile beschleunigen durch Temperatur- und Feuchtigkeitsschocks oder durch mechanische Schocktests. Diese Umwelttests unter extremen Bedingungen lassen sich mit anderen Tests kombinieren; so können die Bauteile auch mit elektrischer Spannung oder Luftdruck gestresst werden. Das so genannte Automotive-Qualifizierungslötprofil AQP (Abbildung 1) stellt eine Verschärfung zum J-STD-020D-Qualifizie-

rungslötprofil JQP dar. Für Bleifrei-Lötprozesse wird bei AQP die Spitzentemperatur, je nach Bauelementdicke oder -volumen, zwischen 245 und 260 °C bei einer Verweildauer von 30 bis 40 s angegeben. Ferner sind AQP-Toleranzen so definiert, dass beispielsweise für kleine Bauelemente die Spitzentemperatur von 260°C auf jeden Fall erreicht werden muss.

Wichtig: Bei diesen Lötprofilen handelt es sich ausschließlich um Qualifikations- und Testlötprofile. Diese Profile gelten keinesfalls als Richtlinie für ein Fertigungslötprofil. Für die Fertigung sollte man sich nach Lötprofilen gemäß dem Standard IEC 61760-1 Ed. 2.0 (2006-04) richten. Die hier gezeigten Qualifikationslötkurven stellen somit die absolute Temperaturobergrenze dar und sollten in keinem Fall durch ein Fertigungslötprofil an einer Stelle übertroffen werden. Das Qualifizierungsprofil AQP schreibt gegenüber dem Standard-Lötprofil nach JQP wesentlich strengere Richtlinien vor. Dazu gehören

- die Steigerung der Mindest-Temperatur im Vorheizbereich von 150 auf 190 °C,
- die Steigerung der Mindest-Verweilzeit im Vorheizbereich von 60 auf 115 s
- die Steigerung der Mindest-Verweilzeit über Schmelztemperatur des Lotes von 60 auf 90 s
- eine Spitzentemperatur, die nicht mehr Höchstwert, sondern Mindestanforderung ist sowie
- eine höhere Mindest-Verweilzeit im Bereich von 5 K unterhalb der Spitzentemperatur, die von 30 auf 40 s angestiegen ist.



**Abb. 2:** Ultraschallbild eines durch Delamination (D) und Risse (R) geschädigten PQFP-Bauteils

Das Stuttgarter Testlabor gibt auf Anfrage einen Musterbericht aus der Messpraxis zur Lötprofilqualifikation für Automotive (nach JEDEC-STD J-STD-020D oder für bleifreie Lötprozesse) heraus.

Weiterführende Infos auf [www.EuE24.net](http://www.EuE24.net)

**more @ click** **EE068012**