

Weitere Hinweise zum bleifrei Reflow-Löten von LEDs

Application Note

Abstrakt

Im Zusammenspiel zwischen RoHS konformen SMD-Bauteilen und bleifreier Verarbeitung kommt es immer noch zu Komplikationen, da das bisher mit Zinn-Blei Prozessen erarbeitete Know-how nur bedingt auf das neue Materialsystem übertragbar ist. In der vorliegenden Schrift werden neben allgemeinen Hinweisen zum bleifreien Reflow-Prozess, die entscheidenden Parameter zur Erstellung eines Lötprofils aufgezeigt und detailliert erläutert. Um Unsicherheiten und daraus resultierenden Problemen entgegenzuwirken, wird außerdem eine detaillierte Empfehlung zur Verarbeitung von SMD Leuchtdioden (LEDs) dargestellt.

Besonderes Augenmerk liegt in der Vermeidung thermisch induzierter Schädigungen der verwendeten SMD Bauteile und Leiterplattensubstrate.

Einleitung

Weltweit hat sich für die Kontaktierung und Befestigung von SMD Bauteilen das Reflow-Löten als gültiger Industriestandard etabliert.

Der wesentliche Prozessschritt des Reflow-Lötverfahrens ist immer das gezielte Aufschmelzen eines zuvor aufgetragenen Lotdepots (Lotpaste) in einem Durchlauf-ofen. Technisch wird die möglichst gleichmäßige Erwärmung der Baugruppe dabei durch zirkulierende Zwangsumlüftung von heißer Luft oder Stickstoff erreicht.

Als Lotmaterial werden seit dem Inkrafttreten der RoHS-Richtlinie im Juni 2006 statt der bisherigen SnPb Legierungen nur noch bleifreie Verbindungen (meist SnAgCu) verwendet. Da das bisherige Know-how für das bleihaltige Löten nicht direkt auf das neue

Materialsystem übertragbar ist, kommt es im Zusammenspiel mit den Bauteilen immer noch zu Problemen bei der Verarbeitung.

Bedingt durch den höheren Schmelzpunkt der bleifreien Legierungen ist verfahrenstechnisch der reine Wechsel zu einem neuen Lot und die damit verbundene Erhöhung der Prozesstemperatur nicht ausreichend bzw. Ziel führend.

Durch die bedingte Verkleinerung des Prozessfensters bei den bleifreien Lotmaterialien muss vielmehr erhöhtes Augenmerk auf das Löt-Equipment (z.B. Ofendesign) und die eigentliche Prozessführung gelegt werden. Darüber hinaus sind die anwendungs- und bauteilspezifischen Besonderheiten zu berücksichtigen.

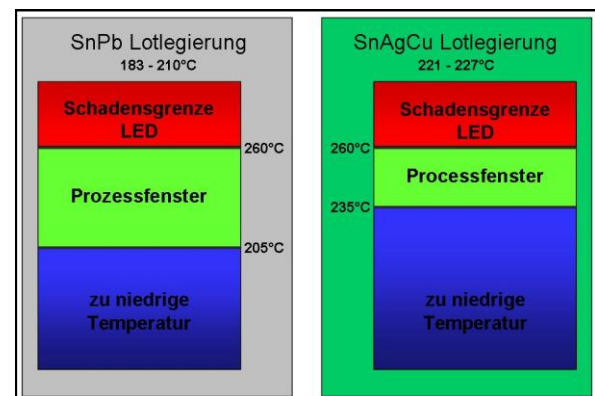


Bild 1: Gegenüberstellung der Prozessfenster bleihaltig vs. bleifrei Lot

Ohne präzise Feinabstimmung erhöht sich die Gefahr, dass die Bauteile durch thermischen Stress vorgeschädigt werden.

Letztlich muss für das bleifreie Löten ein Kompromiss zwischen der Reduzierung der benötigten Wärmemenge auf das minimal notwendige Maß und einem effizienten Reflow-Prozess, bei dem die notwendige Wärmemenge in kurzer Zeit und bei kleinster Temperaturdifferenz übertragen wird, gefunden werden.

JEDEC J-STD 020D.01

(“Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Solid State Surface Mount Devices”, [1])

Basis und Bezugspunkt für das Reflow-Löten von SMDs mit Kunststoff- oder anderen feuchtigkeitsdurchlässigen Gehäusen, zu welcher Kategorie auch LEDs gehören, ist im Wesentlichen der JEDEC Standard J-STD 020D.01.

Dieser beinhaltet allgemeine Anforderungen und Grenzwerte zur Klassifizierung von SMD Bauteilen hinsichtlich ihres Verhaltens gegenüber Feuchte (MSL – Moisture Sensitivity Level) und der daraus resultierenden Maßnahmen für die Verpackung, Lagerung und Handhabung.

Dadurch soll gewährleistet werden, dass eine Schädigung bei der Verarbeitung mittels Reflow-Löten vermieden wird.

Wichtigster Punkt im Hinblick auf das Reflow-Löten ist die Festlegung der maximalen Temperaturbeständigkeit in Abhängigkeit von der Gehäusedicke und dem Volumen der Bauteile (Tabelle 1).

Die Klassifizierungstemperatur T_C , gemessen an der Bauteiloberseite, stellt dabei die Gehäusetemperatur dar, bis zu welcher das Bauteil in der Regel von den Herstellern qualifiziert worden ist und bis wohin es bei angegebener Feuchteempfindlichkeit temperaturbeständig und seine Verarbeitbarkeit sichergestellt ist.

Definiert ist die Gehäusetemperatur als „Package Peak Temperature (PPT)“, oder oft auch als „Package Reflow Temperature“. Häufig wird, auch aufgrund des Begriffs Reflow“, irreführend angenommen, dass sich die Temperatur auf den Verarbeitungs-

prozess der Lotverbindung bezieht (Lötstellentemperatur = Solder Joint Temperature). Die Größen MSL und PPT dienen ausschließlich zur Produktcharakterisierung, und geben Auskunft hinsichtlich der Robustheit der Halbleiterbauteile für das Reflow-Löten, bzw. legen das zeitliche Fenster fest, wie lange die Bauteile einer kontrollierten Umgebung ausgesetzt sein dürfen, bevor ein zusätzlicher Trocknungsprozess vor dem Verarbeiten (Löten) notwendig ist.

Im Hinblick auf die Verarbeitung sind im JEDEC Standard wichtige relevante Eckdaten und allgemein gültige Grenzwerte aufgeführt (Tabelle 2) und auch ein allgemeiner, grundlegender Temperatur-Zeit Verlauf (= Lötprofil) für den Reflow-Lötprozess dargestellt (Bild 2).

Profil Eigenschaft	Bleifrei Verarbeitung
Preheat/Soak Temperature Min (T_{smin}) Temperature Max (T_{smax}) Time (t_s) from (T_{smin} to T_{smax})	150 °C 200 °C 60-120 seconds
Ramp-up rate (T_L to T_p)	3 °C/second max.
Liquidous temperature (T_L) Time (t_L) maintained above T_L	217 °C 60-150 seconds
Peak package body temperature (T_p) *	For users T_p must not exceed the Classification temp For suppliers T_p must equal or exceed the Classification temp
Time (t_p)** within 5 °C of the specified classification temperature (T_c)	30* seconds
Ramp-down rate (T_p to T_L)	6 °C/second max.
Time 25 °C to peak temperature	8 minutes max.
* Tolerance for peak profile temperature (T_p) is defined as a supplier minimum and a user maximum. ** Tolerance for time at peak profile temperature (t_p) is defined as a supplier minimum and a user maximum	

Tabelle 2: Relevante Eck- & Grenzwerte für das Reflow-Lötprofil

Gehäusedicke	Volumen in mm ³ < 350	Volumen in mm ³ 350 - 2000	Volumen in mm ³ > 2000
< 1.6 mm	260 °C	260 °C	260 °C
1.6 mm – 2.5 mm	260 °C	250 °C	245 °C
> 2.5mm	250 °C	245 °C	245 °C

Tabelle 1: Max. Temperaturbeständigkeit T_C in Abhängigkeit von Gehäusedicke und Volumen für einen bleifreien Verarbeitungsprozess

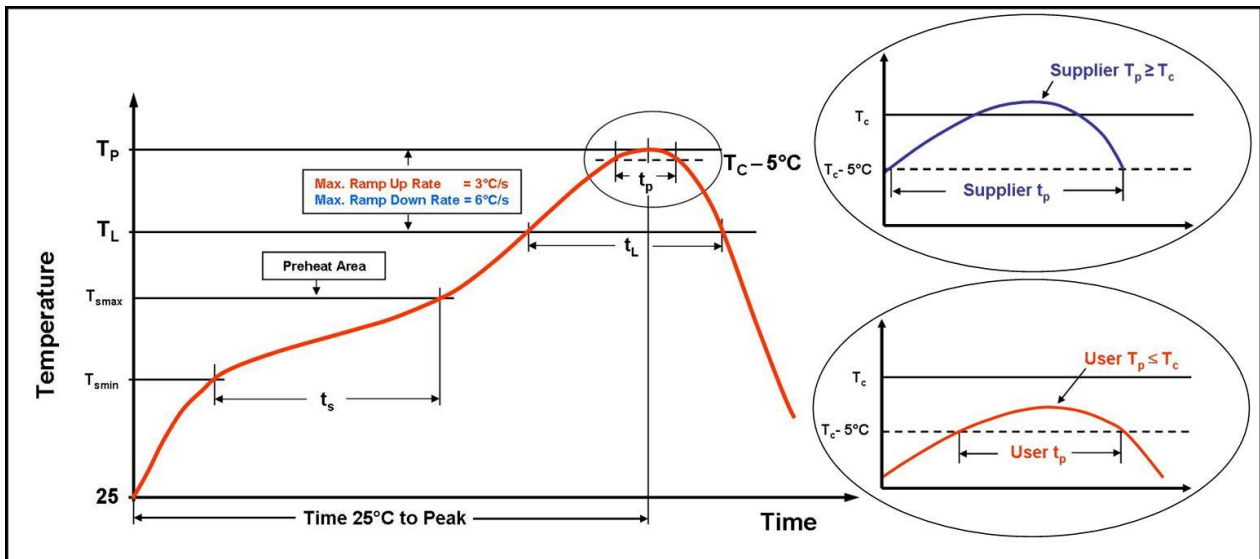


Bild 2: Allgemeines Klassifizierungsprofil für das Reflow-Löten nach J-STD 020D.01

Dabei wird nochmals verdeutlicht, wie die Gehäusetemperatur als Grenzwert einerseits für den Hersteller bei Qualifizierung und andererseits für den Kunden bei der Verarbeitung zu betrachten bzw. anzuwenden ist.

Im JEDEC Standard wird darüber hinaus festgelegt, dass sich alle Temperaturen auf das Zentrum des Gehäuses beziehen, und auf der Gehäuse Körperfläche zu messen sind, die während des Lötprozesses nach oben zeigt („live-bug“).

Reflow Ofen

Mittelpunkt und wesentlichster Beeinflussungsfaktor eines jeden Reflow Prozesses ist der eingesetzte Ofen zum Aufschmelzen der Lotpaste.

Durch die Einführung der RoHS-Richtlinie und der damit verbundenen höheren Betriebstemperaturen werden an moderne Reflow-Öfen immer größere Anforderungen gestellt, auch in Hinblick auf die neu zu evaluierenden Lötprozesse.

Im Fokus stehen dabei exakt einstellbare Temperaturprofile, präzise Reproduzierbarkeit und geringster Energiebedarf bei gleichzeitig einfacher Handhabung und höchstem Durchsatz.

Oberstes Ziel in diesem Kontext ist die Stabilität und Gleichmäßigkeit der Wärmeübertragung zur Minimierung des Temperaturunterschiedes (ΔT) auf der zu lötenen Baugruppe.

In modernen Konvektionsreflow-Öfen erfolgt die Wärmeübertragung über strömende Luft oder Stickstoff, abhängig von der jeweiligen Zone geheizt oder gekühlt.

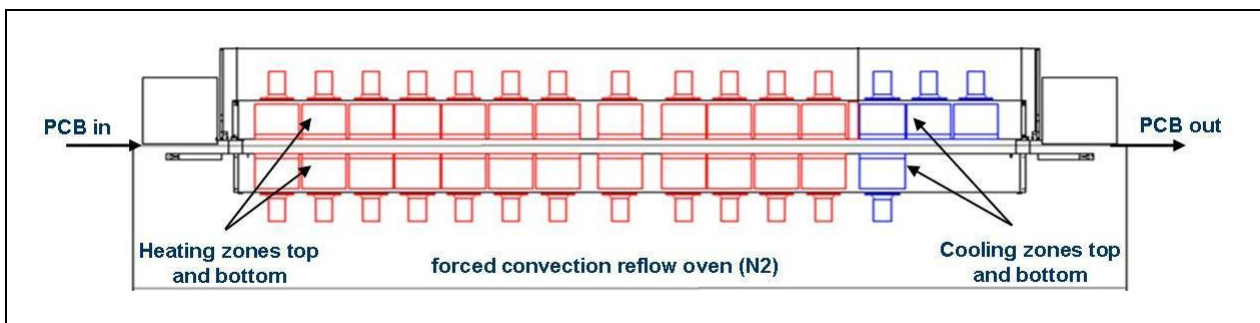


Bild 3: Schematische Darstellung des verwendeten Reflow-Ofens von OSRAM Opto Semiconductors mit 12 Heiz- und 3 Kühlzonen

Die wirksame Energieübertragung auf die Baugruppe wird demzufolge durch die Strömungsgeschwindigkeit des Gases bestimmt. Aufgrund der unterschiedlichen Abmessungen und Massen der Bauteile ist es deshalb unerlässlich die Strömungsgeschwindigkeit einstellbar zu gestalten, um einen Versatz oder ein Wegblasen von Bauteilen zu vermeiden.

Die Stabilität der Prozesszonen, auch bei unterschiedlichster Ofenbelastung, wird durch die Trennung der einzelnen Heizzonen, durch den Einsatz leistungsstarker Heizelemente und durch eine genaue und schnelle Temperaturregelung erreicht.

Um einen stabilen Lötprozess zu gewährleisten, sollte ein Reflow-Ofen die folgende Merkmale aufweisen:

- Separat kontrollierte Heizzonen (Unter- und Oberseite)
- Variable Profilgestaltung durch möglichst viele Heizzonen
- Keine gegenseitige Beeinflussung der Temperatur und Strömung von Zone zu Zone.
- Kontrollierte Strömung und Strömungsgeschwindigkeit
- Gleiche Temperatur und Strömungsverhältnisse über die gesamte Prozessbreite
- Keine Schatteneffekte
- Kein Versetzen von Bauteilen
- Kurze Aufheizzeiten
- Getrennt regelbare Kühlzonen, mit Ober- und Unterseitenkühlung

Temperaturprofil

Zur Erstellung eines idealen Temperaturprofils für eine elektronische Baugruppe sollten alle beteiligten Einflussgrößen (wie z.B. Lotpaste, thermische Masse, Anzahl und Größe der Bauteile, Boarddesign, Material und Aufbau der Leiterplatte, Löt-ofen) bekannt sein und berücksichtigt werden.

Als erste Ausgangsbasis zur Profilierung sollte die Empfehlung des Lotpastenherstellers herangezogen werden. Hier sind meist

schon die entsprechenden Parameter (oder Grenzen) angegeben, bei denen der Hersteller ein optimales Ergebnis für die verwendete Lotpaste erwartet.

Angaben über die Lötbarkeit der verwendeten Leiterplatte findet man in der Regel relativ selten, so dass hier nur anhand des Materials (FR4 oder IMS) und des Designs (Lagenzahl) und der Benetzungseigenschaften der Oberflächen grobe Aussagen zur Profilgestaltung abgeleitet werden können. Besonderes Augenmerk bei der Profilerstellung sollte auf die angegebenen maximalen Belastungsgrenzen der SMD Bauteile gelegt werden. In der Regel beziehen sich hier die Bauelementehersteller auf die entsprechenden Standards wie JEDEC J-STD 020, J-STD 075 oder IEC 60068-2-58.

Als Zusammenfassung der verfügbaren Informationen lässt sich folgende Einteilung des Reflow-Profiles in 4 Phasen festlegen (Bild 4). Bei der Erstellung eines Profils ist das Verständnis dieser vier Phasen von essentieller Bedeutung.

P1 Vorheiz (pre heat) Zone

Im ersten Schritt erfolgt ein Aufheizen der Leiterplatte, der SMD Komponenten und des Lotes bis zu einer bestimmten Temperatur (je nach verwendeter Lotpaste zwischen 120°C und 150°C) bei der die enthaltenen Lösungsmittel und Feuchte im Lot langsam verdampfen. Der Aufheizgradient sollte hierbei nicht mehr wie 2°C/sec betragen. Ein schnelleres Erhitzen kann zum einen zu einem vorzeitigen Abbau der Konturstabilität der Lotpaste und Lötkegelbildung (Solder Balling) führen, zum andern können Temperaturgradienten größer gleich 3°C/sec zu einer Schädigung der Bauteile und Substrate führen. Fehler wie Cracking oder Delaminationen sind dann die Folge.

P2 Soak Zone

Die sog. Soak-Zone, die auch als Solder Paste Dry bzw. Aktivierungs-Zone bezeichnet wird, ist notwendig, um die Temperatur möglichst gleichmäßig über die gesamte Baugruppe zu stabilisieren.

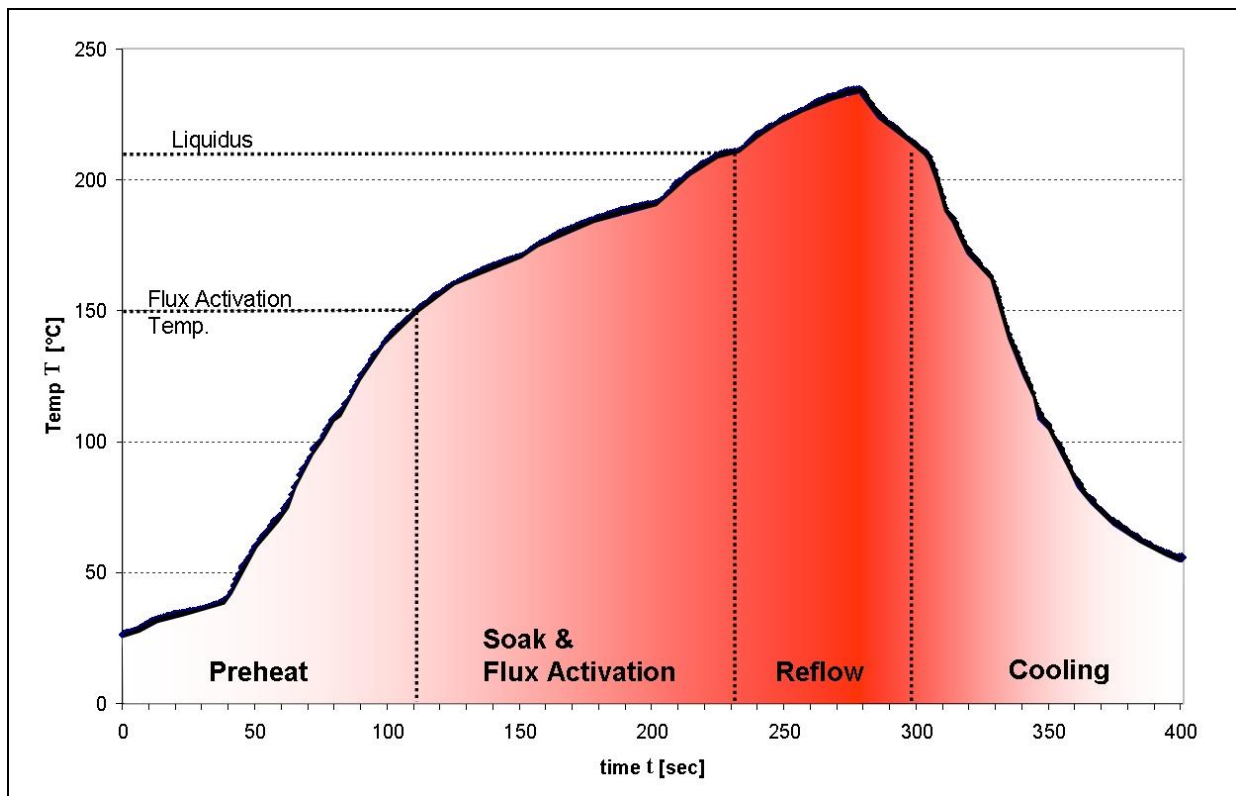


Bild 4: 4 Phasen eines Reflow Lötprofils

Gleichzeitig dient dieser Abschnitt auch zur Aktivierung des Flussmittels d.h. das Flussmittel wechselt in einen flüssigen Zustand und reinigt die zu lötenden Oberflächen. Der Soak-Bereich sollte eine Dauer von 60-120sec haben, wobei viele Lotpastenhersteller für Ihre bleifreien Produkte max. 90 Sekunden angeben.

Die in der Industrie primär verwendeten Zwangskonvektionsöfen bieten einen gleichmäßigeren Wärmetransfer im Vergleich zu reinen Infrarotöfen. Dadurch ergibt sich eine homogenere Erwärmung der Baugruppe, wodurch eine mehr lineare Aufheizkurve bis zur Liquidustemperatur, abhängig von der Baugruppengröße, Bauteildichte und -größe und Ofeneffizienz, realisiert werden kann.

P3 Reflow Zone

In diesem Abschnitt findet das eigentliche Aufschmelzen und Löten statt. Bei Erreichen der Reflow Zone erfolgt üblicherweise ein Temperaturanstieg mit einer Aufheizrate von ca. 2°C/sec bis zur Peaktemperatur. Der Peak sollte 20°C bis 40°C über der Liquidustemperatur liegen, die für Standard SAC-

Lote 217°C beträgt. Die Zeit über Liquidus sollte bei 30-90 Sekunden begrenzt sein, um ein übermäßiges Wachstum der intermetallischen Phasen zu reduzieren und unerwünschte Ablegiereffekte zu begrenzen welche zu einer Verminderung der Lötstellenzuverlässigkeit führen können. Zulange Verweilzeiten über Liquidus und/oder zu hohe Peaktemperaturen führen einerseits auch zu einer thermische Schädigung bzw. im Extremfall zum Verkohlen der verbleibenden Lotrückstände, und andererseits zu einer Schädigung der SMD Komponenten und des Leiterplattensubstrates.

Grundsätzlich ist es sinnvoll, hier mit den empfohlenen Werten des Lotpastenherstellers eine Ersteinstellung des Profils vorzunehmen und bei Bedarf an die Gegebenheiten der Baugruppe anzupassen.

P4 Abkühl (cool down) Zone

In der Abkühlzone sollte eine Abkühlrate von 3°C/sec eingehalten werden, um den Bauteilen, der Leiterplatte und dem Lot ein gleichmäßiges Abkühlen zu ermöglichen. Dies minimiert den Stress auf das Bauteilgehäuse und die Lötstellen.

Ein besonderes Augenmerk gilt hier Baugruppen mit stark unterschiedlichen Ausdehnungskoeffizienten von Bauteil und PCB Substrat, wie z.B. Keramik basierende LEDs und Alu – MCPCB.

Ein Überschreiten der zulässigen Abkühlgradienten führt hier sehr rasch zu einer Schädigung der Komponenten und des Substrates.

Ebenso können beim Erstarren des Lotes nicht mehr relaxierende Spannungen entstehen.

Zu langsames Abkühlen ($\leq 0,5^\circ\text{C}/\text{sec}$), besonders bei Temperaturen um den Schmelzpunkt, erzeugt gröbere Kornstrukturen im Lot, welche die Zuverlässigkeit der Lötstelle beeinträchtigen können und gleichzeitig die Wahrscheinlichkeit eines kristallinen Aussehens der Lötstelle erhöhen (mattes Aussehen).

Zusammenfassung der wichtigsten Parameter des Reflow-Profiles

Gemäß der aufgezeigten Unterteilung lässt sich ein Reflow-Profil im Wesentlichen mit folgenden Parametern hinreichend beschreiben:

- **Aufheizgradient (Ramp Up)** aufgeteilt in zwei Bereiche $25^\circ\text{C} - 150^\circ\text{C}$ u.
 $T_{\text{Smax}} - T_{\text{P}}$
- **Vorheizzeit (Soaktime)**
- **Zeit über Liquidus T_{L}**
- **Maximal Temperatur T_{P} (Peak Temp.)**
- **Abkühlgradient (Ramp Down)**
- Zeit bei $T_{\text{Peak}} - 5\text{K}$
- Besonderheiten (Gradientensprünge)

OSRAM Empfehlung und maximal zulässige Werte

Obwohl schon frühzeitig viele Hersteller von SMD-Komponenten bleifrei verarbeitbare Bauteile angeboten haben und teilweise schon seit 2002 komplett auf RoHS

konforme Prozesse umgestellt wurde, gibt es immer noch offene Fragen oder Schwierigkeiten hinsichtlich der Verarbeitung von SMDs im bleifreien Prozess.

Um den vorhandenen Unsicherheiten und daraus resultierenden Problemen entgegenzuwirken, zeigt OSRAM Opto Semiconductors hier eine detaillierte Empfehlung zur Verarbeitung von SMD LEDs im bleifreien Lötprozess. Bild 5 zeigt den empfohlenen Temperatur-Zeit-Verlauf.

Die Tabelle 3 enthält darüber hinaus eine Auflistung der wichtigsten Profil-Parameter, wobei die empfohlenen Werte einen ersten geeigneten Startpunkt darstellen. Diese Parameter müssen gegebenenfalls an die individuellen Bedürfnisse der zu lötenen Komponenten angepasst werden. Die angegebenen Temperaturwerte beziehen sich dabei immer auf die Package Peak Temperature (PPT).

Ein ebenso wichtiger Parameter für die Beurteilung bzw. Auswertung von Reflow-Profilen sind die Gradienten in der Aufheiz- und Abkühlphase. Dabei ist es auch entscheidend, mit welchem Zeitintervall die Berechnung vorgenommen wird. Im Bild 6 wird die Grundlage zur Berechnung der Gradienten gezeigt.

Für eine präzise Bewertung eines Profils ist es daher letztendlich notwendig die Gradienten über den gesamten Zeitverlauf zu bestimmen.

Zur Ermittlung dieser Gradienten verwendet OSRAM Opto Semiconductors folgende Berechnungsgrundlage.

$$\frac{\Delta T}{\Delta t} = \text{Slope} \quad (\text{mit } \Delta t = \text{max. } 5\text{sec})$$

Diese Formel ist sowohl in der Aufheiz- ($25^\circ\text{C} - T_{\text{P}}$) als auch in der Abkühl-Phase ($T_{\text{P}} - 100^\circ\text{C}$) anzuwenden.

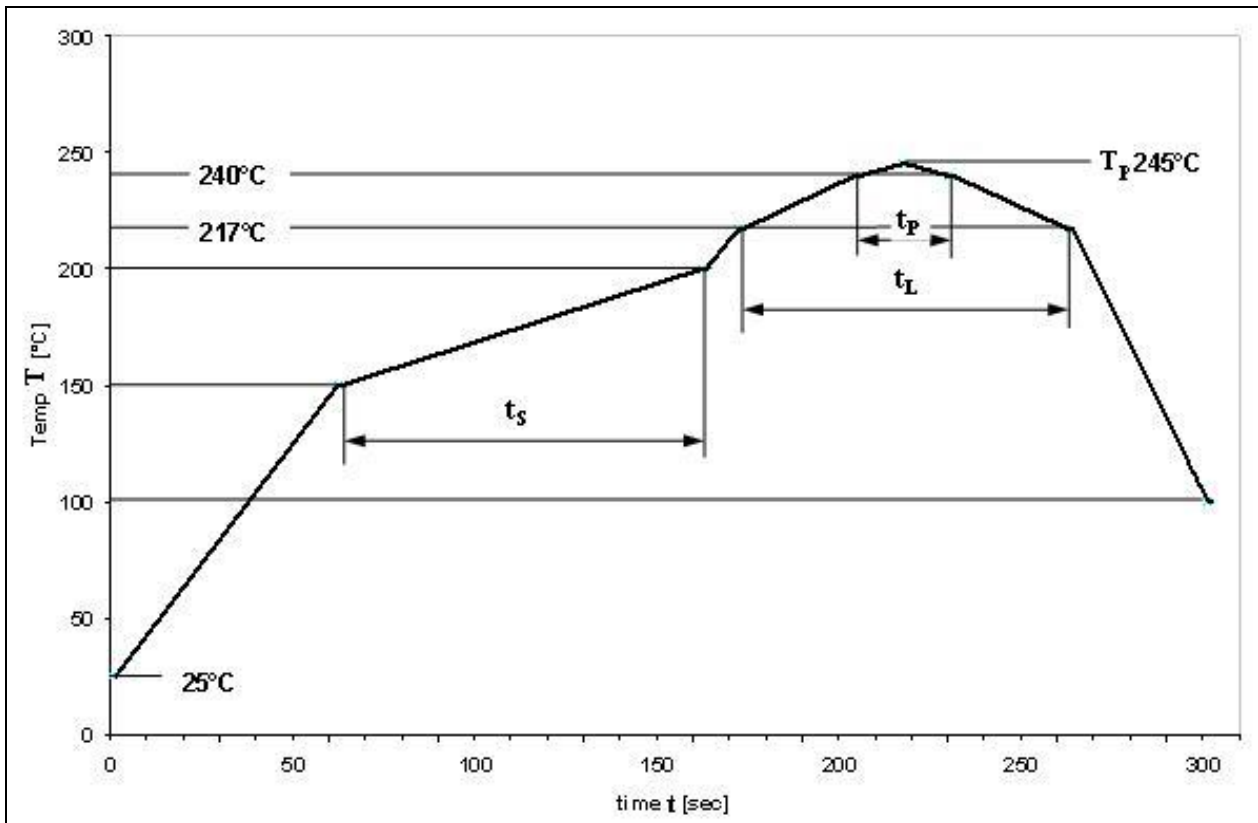


Bild 5 Empfohlenes Reflow-Lötprofil für LEDs von OSRAM Opto Semiconductors

Pb-Free Assembly (SnAgCu)		
Profile Feature	Recommendation	Max. Ratings
Ramp-Up Rate to Preheat *) 25°C to 150°C	2°C/sec	3°C/sec
Time t_s from T_{Smin} to T_{Smax} (150°C-200°C)	100s	min. 60sec max. 120sec
Ramp-Up Rate to Peak *) T_{Smax} to T_P	2°C/sec	3°C/sec
Liquidus Temperature T_L	217°C	
Time t_L above T_L	80sec	max. 100sec
Peak Temperature T_P	245°C	max. 250°C / 260°C depending on package type
Time t_p within 5°C of the specified peak temperature $T_P - 5K$	20sec	min. 10sec max. 30sec
Ramp-Down Rate *) T_P to 100°C	3°C/sec	max. 4°C/sec / 6°C/sec depending on package type
Time 25 °C to Peak temperature		max. 8 min.
Notes:	All temperatures refer to the center of the package, measured on the top of the component *) slope calculation $\Delta T/\Delta t$: Δt max. 5sec; fulfillment for the whole T-range	

Tabelle 3: Profil Parameter für empfohlenen Reflow-Prozess

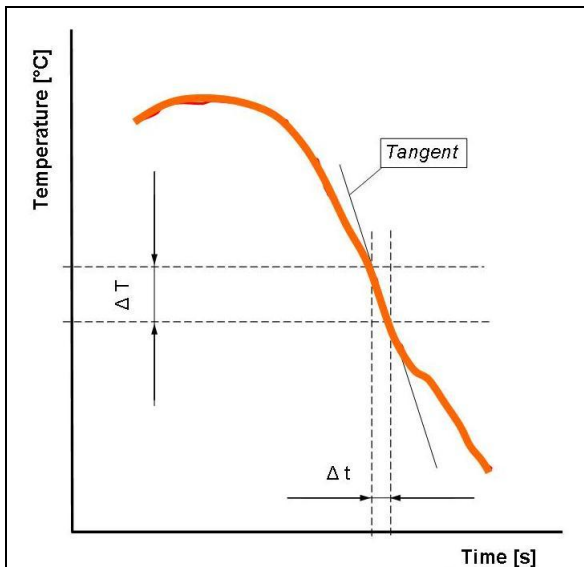


Bild 6: Grundlage zur Berechnung der Gradienten bei OSRAM Opto Semiconductors

Reflowprofil bedingte Schädigung von Bauteilen und andere Reflowfehler

Vielerorts stehen bei der Erstellung des Reflow-Profiles auch kommerzielle Anforderungen wie optimierter Liniendurchsatz im Vordergrund, bzw. durch nachfolgende Prüfprozesse bedingte Forderung nach möglichst niedrigen Auslauftemperaturen (der Baugruppen nach dem Reflow-Ofen). Diese Anforderungen lassen sich in der Regel nur durch relativ hohe Transportgeschwindigkeiten gepaart mit höheren Peaktemperaturen bzw. extreme Abkühlgradienten in der Kühlzone realisieren. Dadurch werden sehr oft die zulässigen thermischen Belastungsgrenzen der Komponenten ausgereizt bzw. überschritten, so dass es zu einer Vorschädigung oder sogar Spontanausfällen kommen kann.

Exemplarisch werden nachfolgend einige Fehlerbilder, die durch eine derartige thermische Überlastungen der LEDs entstehen könnten, gezeigt.

Offenes Interface (Chip-Kleber-Leadframe)

Ein möglicher Fehler bei LEDs, der sich auf eine thermo-mechanische Überlastung durch zu hohe Peak-Temperaturen und extreme Abkühlgradienten zurückführen lässt, zeigt das Bild 7.

Die thermisch induzierten Spannungseinträge in die LED sind so groß, dass die Verbindungsstelle zwischen Leadframe und Chipkleber aufgerissen wird.

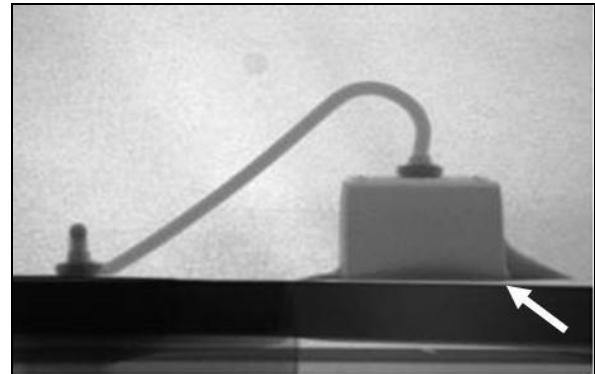


Bild 7: Beispiel einer Bauteilschädigung (Spalt zwischen Leadframe und Chip-Kleber)

Im Röntgenbild ist der abgehobene Chip inklusive Kleber deutlich zu sehen.

Crack

Zu einer Beeinträchtigung der optischen Eigenschaften der LED können sog. „cobra cracks“ führen. Diese Risse im Vergussmaterial der LED werden ebenfalls durch extreme Lötprofile in Kombination mit zu feucht verarbeiteten Bauteilen erzeugt.

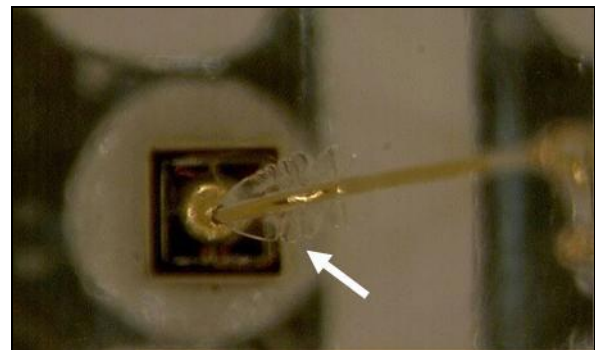


Bild 8: Beispiel einer Bauteilschädigung (Crack)

Lötfehler

Ein bekannter Lötfehler, der vor allem bei kleinen, meist zweipoligen Bauteilen auftritt, ist das sogenannte Tombstoning oder auch Grabstein-Effekt. Dabei richtet sich das Bauteil aufgrund von unsymmetrischen Kräften an den Löt pads während des Lötvorgangs einseitig auf, so dass an einem Anschlusspin kein elektrischer Kontakt zum Löt pad gebildet wird.

Vergleicht man die Profilarten, Sattel- und Linearprofil, so stellt man fest, dass das Fehlerbild bei Sattelprofilen häufiger erzeugt wird [3]. Begründen lässt sich dies, durch den viel stärker ausgeprägten Übergang von der Soak-Phase in den Reflowabschnitt (schmelzflüssige Phase des Lotes) bei einem Sattelprofil.

Man spricht in diesem Zusammenhang auch von einem Gradientensprung. Durch diese schlagartige Temperaturerhöhung steigt gleichzeitig auch wieder das Risiko einer Vorschädigung der Bauteile.

Die Wahrscheinlichkeit für den Tombstone-Effekt wird zusätzlich durch weitere Faktoren wie Anlagenatmosphäre (Luft oder Stickstoff), Transportgeschwindigkeit und Benetzungseigenschaften der verwendeten Lotpasten, sowie durch asymmetrische Löt pads stark beeinflusst. Dabei stehen diese Einflussgrößen immer in einer Wechselwirkung zueinander.

Beispielhaft soll im Folgenden ein Lötprofil gezeigt werden (Bild 9), mit dem oben beschriebene Fehlerbilder erzeugt werden können.

Gleichzeitig verdeutlicht dieses real gemessene Profil nochmals den großen Unterschied zwischen dem Temperaturmesspunkt am Löt pad und der Messung auf bzw. am Bauteilgehäuse. Dabei fallen hier besonders die stark differierenden Abkühlgradienten auf.

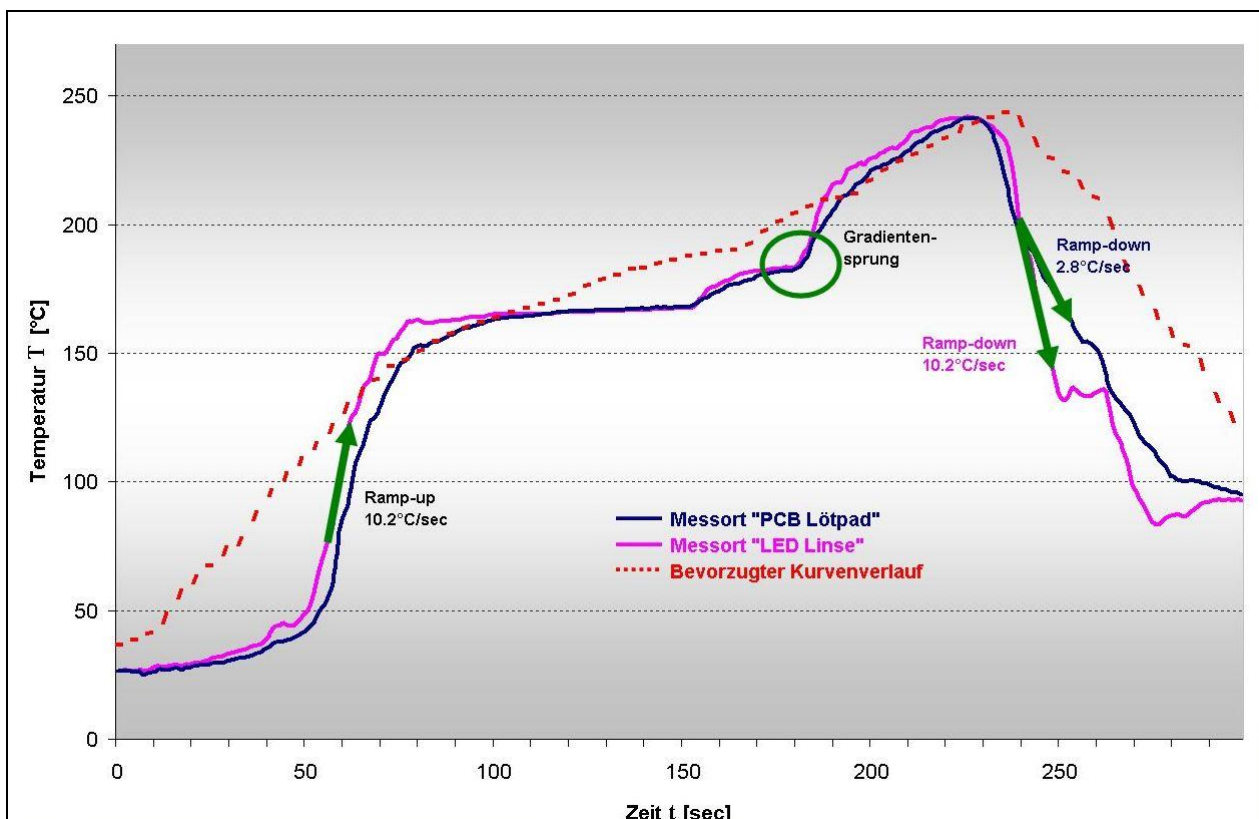


Bild 9: Beispiel eines ungeeigneten Reflow-Profil mit zu steiler Aufheiz- bzw. Abkühlrampe und einem Gradientensprung

Sowohl die extremen Aufheiz- wie auch Abkühlgradienten als auch ein stark ausgeprägter Gradientensprung können Lötfehler bewirken und/oder übermäßige Thermo- spannungen verursachen, die zu einer Schädigung des Bauteils führen.

Mögliche Maßnahmen zur Optimierung des Reflowprofils

Wie beschrieben können falsch gewählte Parameter und Einstellungen eine erhebliche Schädigung der zu lötenden Baugruppe bewirken. Die folgenden Hinweise sollen Hilfestellung geben und Möglichkeiten aufzeigen das Reflowprofil zu optimieren bzw. mit wenigen Modifikationen einen möglichst bauteilschonenden Lötprozess umzusetzen:

- Begrenzung der Peaktemperatur auf ca. 240°C
- Lineares Aufheizen
- Vermeidung von Gradientensprüngen (Übergang von Soak in Reflow-Zone)
- Gleichförmiger Kurvenverlauf um Peaktemperatur im Zeitbereich über Liquidus-Temperatur (Bild 10)
- Verwendung der letzten Heizzone zur sanften Kühlung (ca. 170°C)
- Kühlzonen: Verringerung der Lüftdrehzahl auf Minimalwert

- Bei aktiver Kühlzone: Erhöhung des Arbeitspunktes des Wärmetauschers (meist nur durch Anlagenhersteller möglich)
- Verringerung der Transportgeschwindigkeit (bedarf aber gleichzeitig einer Temperaturanpassung (Erniedrigung) in allen Heizzonen)

Zusammenfassung

In der vorliegenden Schrift werden nochmals ausführlich die entscheidenden Parameter zur Erstellung eines bleifreien Reflow-Lötprofils aufgezeigt und detailliert beschrieben. Ein besonderes Augenmerk liegt hier in der Vermeidung thermisch induzierter Schädigungen der verwendeten SMD Bauteile und Leiterplattensubstrate.

Die beschriebenen Empfehlungen können letztlich nur einen Startpunkt darstellen, der stets an die individuellen Gegebenheiten der Baugruppen und des Fertigungsumfeldes (Ofen, usw.) angepasst werden muss.

Die erhöhten Prozessanforderungen der bleifreien Lotpasten bei gleichzeitig kleiner werdendem Prozessfenster bringen auch die verwendeten Reflow-Öfen schnell an ihre Grenzen. Deshalb ist es notwendig alle technologischen Optionen der Öfen zur optimalen Profileinstellung anzuwenden.

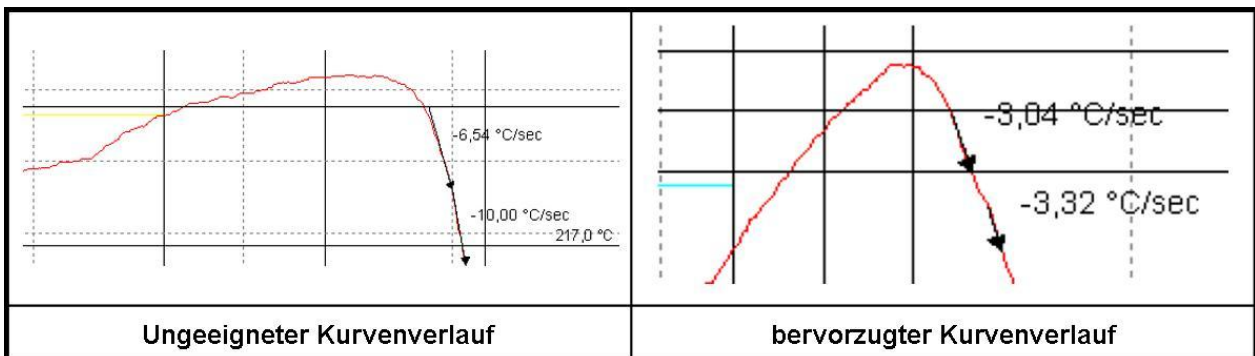


Bild 10: Beispiel eines ungeeigneten und eines bevorzugten Kurvenverlaufs im Zeitbereich über der Liquidus-Temperatur

Wie auch im JEDEC niedergeschrieben, sind die aufgezeigten Grenzen als absolute Obergrenze der in der Bauteilqualifizierung abgetesteten Werte zu sehen und sind somit nicht im Fertigungsprozess zur Anwendung zu bringen.

Wie in vielen Studien und Arbeiten [4] aufgezeigt, ist ein optimierter und kontrollierter Lötprozess nicht nur die Grundvoraussetzung für die Funktionstüchtigkeit einer Baugruppe, sondern beeinflussen auch wesentlich die Qualität der Lötstelle, und somit die Zuverlässigkeit.

Literatur:

[1] JEDEC J-STD 020 D.1

[2] JEDEC Publication No 140

[3] Dr. Hans Bell, Reflowfehler und Reflowprofile, Rehm Thermal Systems GmbH, September 2007

[4] Dr. Hans Bell, Reflowlöten Grundlagen, Verfahren, Temperaturprofile und Lötfehler, Eugen G. Leuze Verlag Bad Saulgau, ISBN 3-87480-202-7

[5] P. John Shiloh and John Malboeuf, How to Profile a PCB, Novostar Technologies, 2005

Authors: Andreas Stich, Kurt-Jürgen Lang

ABOUT OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS

OSRAM, Munich, Germany is one of the two leading light manufacturers in the world. Its subsidiary, OSRAM Opto Semiconductors GmbH in Regensburg (Germany), offers its customers solutions based on semiconductor technology for lighting, sensor and visualization applications. Osram Opto Semiconductors has production sites in Regensburg (Germany), Penang (Malaysia) and Wuxi (China). Its headquarters for North America is in Sunnyvale (USA), and for Asia in Hong Kong. Osram Opto Semiconductors also has sales offices throughout the world.

For more information go to www.osram-os.com.

DISCLAIMER

PLEASE CAREFULLY READ THE BELOW TERMS AND CONDITIONS BEFORE USING THE INFORMATION SHOWN HEREIN. IF YOU DO NOT AGREE WITH ANY OF THESE TERMS AND CONDITIONS, DO NOT USE THE INFORMATION.

The information shown in this document is provided by OSRAM Opto Semiconductors GmbH on an "as is basis" and without OSRAM Opto Semiconductors GmbH assuming, express or implied, any warranty or liability whatsoever, including, but not limited to the warranties of correctness, completeness, merchantability, fitness for a particular purpose, title or non-infringement of rights. In no event shall OSRAM Opto Semiconductors GmbH be liable - regardless of the legal theory - for any direct, indirect, special, incidental, exemplary, consequential, or punitive damages related to the use of the information.

This limitation shall apply even if OSRAM Opto Semiconductors GmbH has been advised of possible damages. As some jurisdictions do not allow the exclusion of certain warranties or limitations of liability, the above limitations or exclusions might not apply. The liability of OSRAM Opto Semiconductors GmbH would in such case be limited to the greatest extent permitted by law.

OSRAM Opto Semiconductors GmbH may change the information shown herein at anytime without notice to users and is not obligated to provide any maintenance (including updates or notifications upon changes) or support related to the information.

Any rights not expressly granted herein are reserved. Except for the right to use the information shown herein, no other rights are granted nor shall any obligation be implied requiring the grant of further rights. Any and all rights or licenses for or regarding patents or patent applications are expressly excluded.