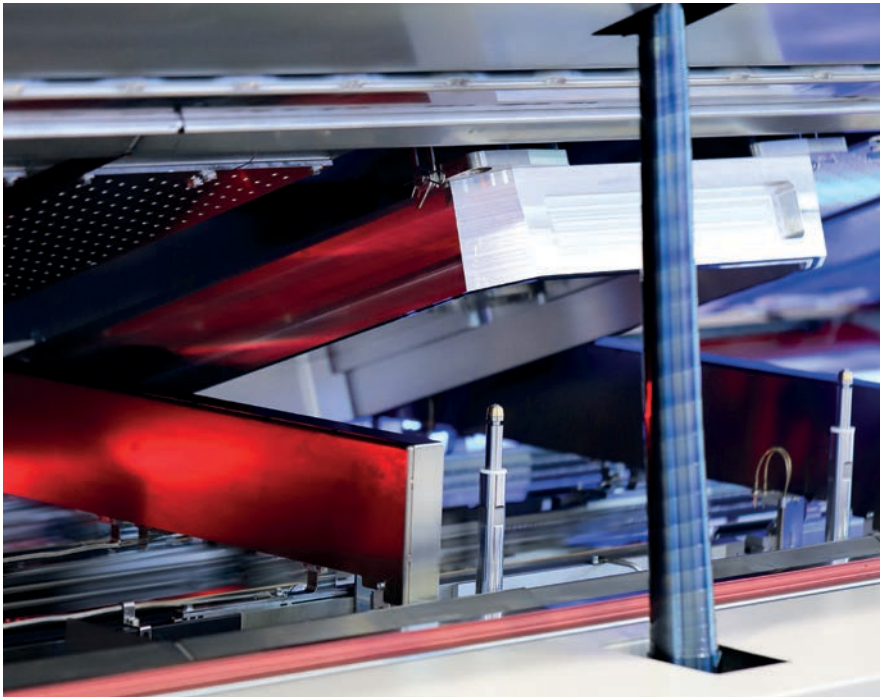


Was bietet Löten mit Vakuumprofilen?

Die Voidbildung im Lötprozess sicher im Griff

Die Welt des Vakuumlöten ist bei Kontaktwärmelötssystemen und Dampfphasenlötssystemen schon seit Jahrzehnten eine bewährte Technik, um Lufteinschlüsse in Lötverbindungen deutlich zu reduzieren. Was bedeutet dies aber im Hinblick auf das Konvektionslöten, welches heutzutage die meistgenutzte und durchsatzstärkste Löttechnik darstellt?

Autor: Helmut Öttl



Eck-DATEN

Voids zuverlässig minimieren

In Versuchsreihen wurde analysiert worauf es ankommt, um Voids im Reflow-Lötprozess zu minimieren. Vor allem die Randparameter wie die richtige Lotpaste und die Druckschablonteknik bilden genauso wie die Vakuumtechnologie den Ausschlag für einen stabilen Lötprozess mit minimaler Voidbildung.

Die Einflüsse in der Baugruppenfertigung auf die Lötstellenausbildung und somit auf deren Qualität sind durch unüberschaubar viele Parameter beeinflusst, die immer schwerer zu kontrol-

lieren beziehungsweise zu beherrschen sind. Das vom Arbeitskreis Poren erstellte Bild 1 zeigt eine Übersicht der Faktoren, was einen ersten Einblick in die Komplexität der Problematik bietet. Hier gibt es allerdings

nur zwei Faktoren, die kurz vor der Produktion der betreffenden Baugruppen genutzt werden können, um die Ausbildung von Voids zu verhindern. Zum einen ist dies die Druckschablone und deren Gestaltung der Apertur, zum anderen die Nutzung der Vakuumtechnologie beim Löten selbst. Als Alleinstellungsmerkmal lässt sich das Vakuumlöten sogar im Produktionsprozess als „Feuerwehr“ bei kurzfristig erhöhtem Auftreten von Hohlräumen nutzen. In modernen Vakuumlötssystemen von Rehm Thermal Systems wie der Konvektionslötanlage Vision XP+ Vac oder den Dampfphasenlötanlagen der Serie Condenso X sind neben der Serienproduk-

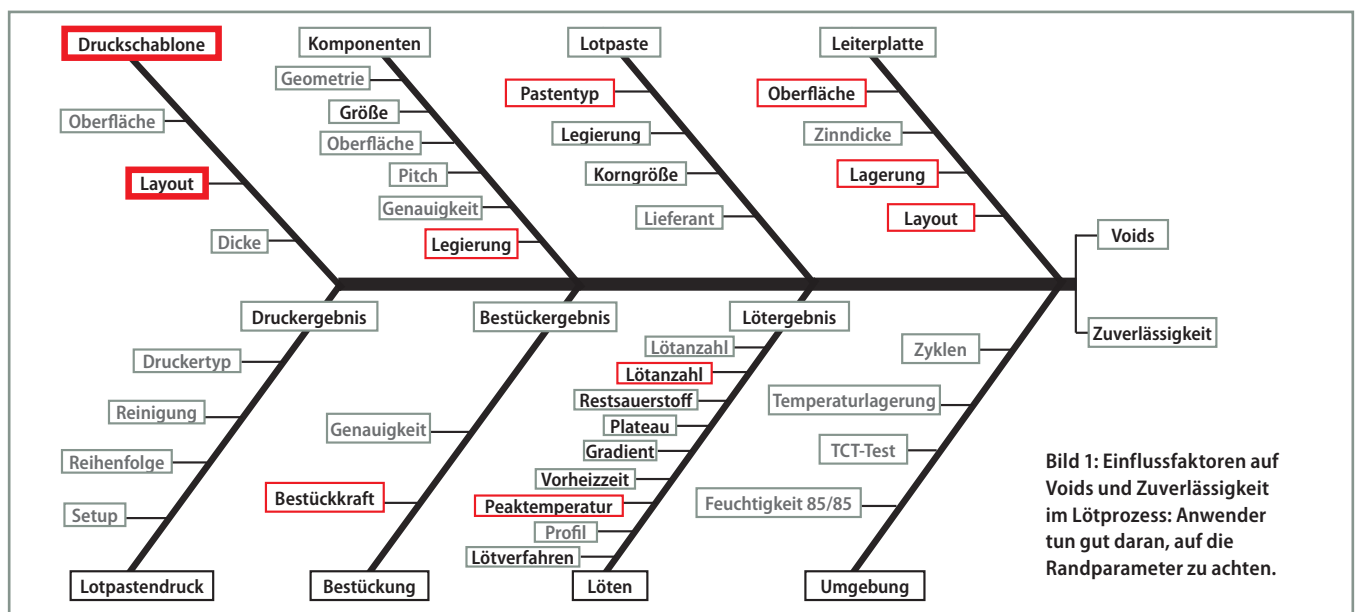


Bild 1: Einflussfaktoren auf Voids und Zuverlässigkeit im Lötprozess: Anwender tun gut daran, auf die Randparameter zu achten.

Bild: AK Poren/Ö. Wöhrlabe, TU Dresden

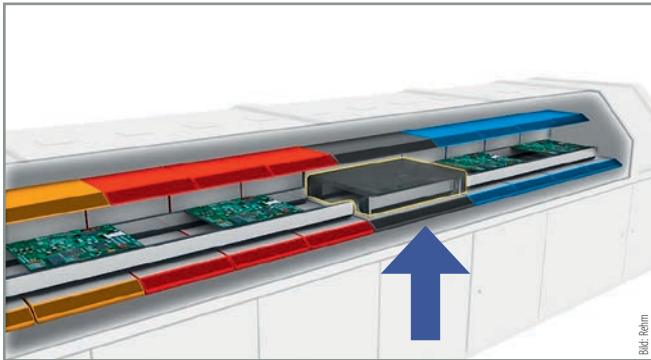


Bild 2: Aufbau einer Konvektions-Lötanlage mit Vakuumkammer: Der Aufbau davor und danach bleiben unverändert, also mit Vorheizung, Peak- und Kühlbereich.

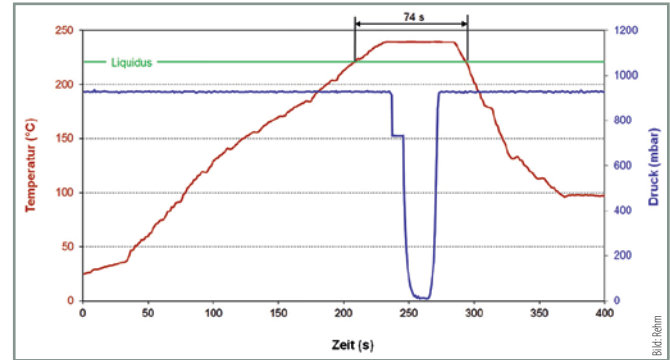


Bild 3: Baugruppenprofil auf einer Konvektionslötanlage mit Vakuumprozess: Wie beim Scubataucher beim Auftauchen lässt sich der Vakuumprozess in mehrere Halteschritte aufteilen.

tion auch Reparaturen von Baugruppen möglich, bei denen im ersten Lötdurchgang auf einer herkömmlichen Lötanlage zu große Voids erzeugt wurden. Diese müssten als Verwurf gekennzeichnet werden, da sie die Kriterien der einschlägigen IEC-Normen oder IPC-Richtlinien verletzen.

Vakuum im Reflowprozess

Die Definition des Vakuums ist in der Norm DIN 28400 wie folgt definiert: „Vakuum heißt der Zustand eines Gases, wenn in einem Behälter der Druck des Gases und damit die Teilchenzahldichte niedriger ist als außerhalb oder wenn der Druck des Gases niedriger ist als 300 mbar, das heißt kleiner als der niedrigste auf der Erdoberfläche vorkommende Atmosphärendruck.“ Bild 2 zeigt den wesentlichen Aufbau einer Reflow-Konvektionslötanlage, wobei der grau eingefärbte Bereich für den Vakuumprozess verantwortlich ist. Demnach ist der Aufbau davor und danach identisch

mit einer konventionellen Konvektionslötanlage. Hinzugefügt wird also lediglich eine Vakuumzone.

Die Profilierung der Baugruppe geschieht dabei wie bei Prozessen ohne Vakuum, allerdings ist es möglich, hier zwischen Peak- und Kühlzone den Vakuumprozess anzuwenden. Wie im Bild 3 dargestellt, lässt sich dieser für sensible Bauteile in mehrere Halteschritte aufteilen. Beeinflussen lässt sich zudem die Geschwindigkeit des Vakuumziehens, um die Dynamik so einzustellen, dass keine Effekte wie Lötspritzer und ähnliches auftreten können.

Da einer der wesentlichen Vorteile der Konvektionslötanlage im Fertigungsprozess der hohe Baugruppendurchsatz ist, ist es absolut notwendig, hier einen Kompromiss aus zu erreichender Qualität – also dem Voidanteil in der Lötverbindung – und Taktzeit zu finden. Als Faustregel gilt: Je niedriger der Voidanteil sein soll, desto höher ist der Taktzeitzuschlag zum Standardprofil

ohne Vakuum. Für eine 200 mm lange Baugruppe wird beispielsweise eine Taktzeit von 25 s ohne Vakuumanlage erreicht. Wird hier ein Vakuumprozess mit 100 mbar ausgewählt, um beispielsweise bei QFNs ein Voidratio < 10 Prozent zu erreichen, kann ein Zuschlag von 9 s erfolgen. Dadurch lassen sich die Taktzeiten aber in beide Richtungen verändern, je nachdem ob sie auf 5 Prozent verschärft oder auf 20 Prozent aufgeweitet werden können.

Lotpaste vs. Lötverfahren

Der Einfluss der verschiedenen Lötverfahren wurde mittels einer Reflow-Konvektionslötanlage und einer Reflow-Dampfphasenlötanlage (Bild 4) untersucht. Hier zeigt sich, dass sich das Dampfphasenvakuumlöten und das Konvektionsvakuumlöten nicht unterscheiden. Bei Vergleichen dürfen aber niemals die „Randparameter“ vergessen werden, wie etwa die Lotpaste, deren Eignung für die verschiedenen Lötverfahren

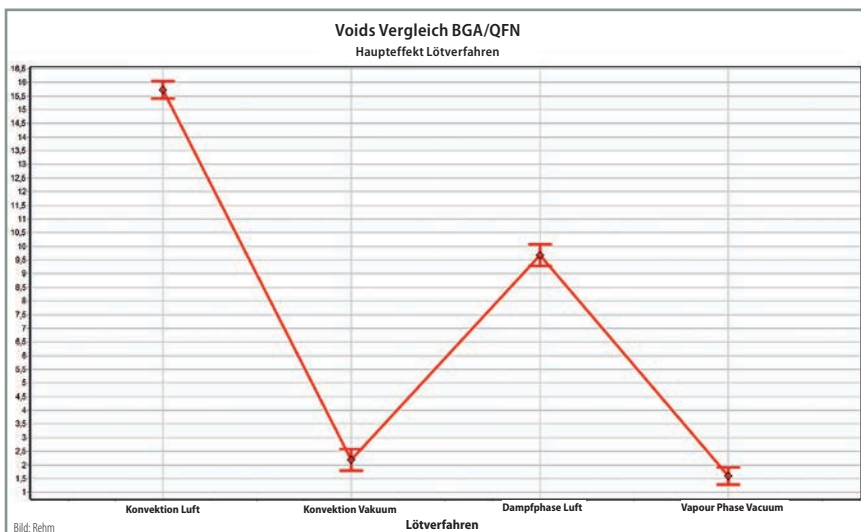


Bild 4: Vergleich der prozentualen Voidanteile für BGA- und QFN-Bauteile bezogen auf das Lötverfahren: Der Einfluss der verschiedenen Lötverfahren wurde mittels einer Reflow-Konvektionslötanlage und einer Reflow-Dampfphasenlötanlage untersucht.

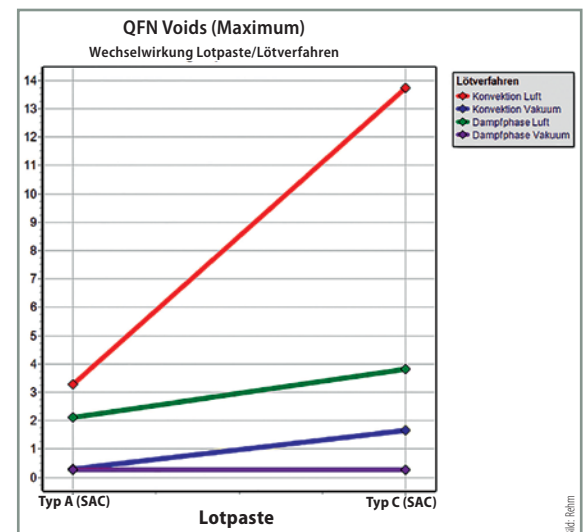


Bild 5: Wechselwirkung der Lotpaste mit Lötverfahren: Die Eignung der Lotpasten für die verschiedenen Lötverfahren ist nicht immer identisch.

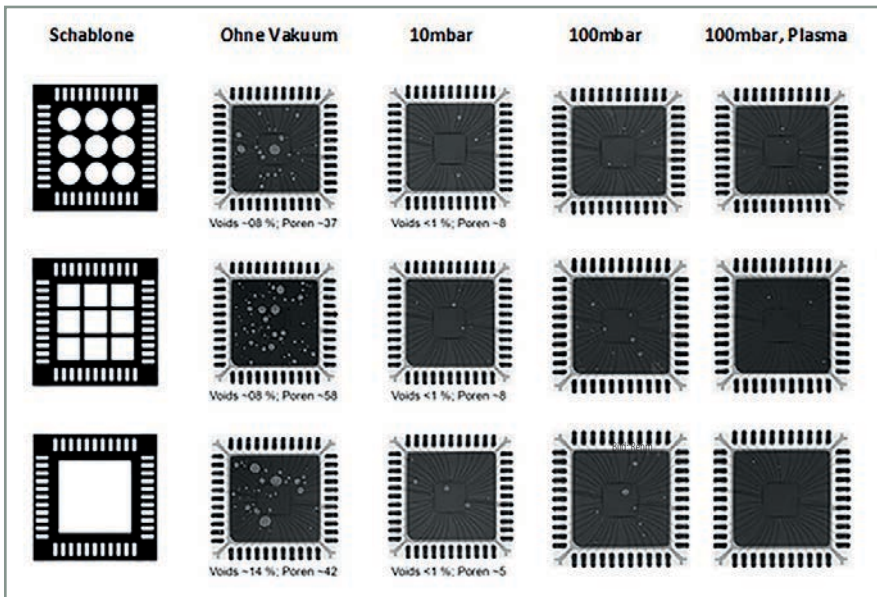


Bild 6: Einflussfaktor Schablonengeometrie und Schablonenfinish: In einer Versuchsreihe ergaben sich deutliche Unterschiede zwischen einer Reflow-Lötanlage mit Vakuumeinsatz und einer Standard-Reflowanlage.

ren nicht immer identisch ist. Diesen Einfluss sehen wir in Bild 5 in der Verwendung von zwei SAC-Lotpasten, aber mit verschiedener Flussmitteln. Hier erscheinen größere Abweichungen bei der Voidbildung beim QFN zwischen Konvektionslöten mit Luft und Dampfphasenlöten. Allerdings läuft hier der Dampfphasenlötprozess inert ab, auch ohne die Verwendung von Stickstoff. Dies kann bei der Verwendung eines Flussmittels schon einen signifikanten Einfluss haben. Das Schöne mit der Vakuumoption ist, dass es möglich ist, den Pasteneinfluss drastisch zu minimieren.

In einer Feldstudie wurde hier mit diesen beiden Lötverfahren und verschiedenen Schablonenaperturen ein Vergleich gemacht, um die jeweilige Einflussgröße bewerten zu können. Die Schablonen wurden zusätzlich in der Materialdicke und in der Herstellungsart variiert. Eine Druckschablone wurde ohne zusätzliche „Veredelungsschritte“ mit einer Dicke von 120 µm hergestellt. Der Gegenspieler dazu

wurde mit einer plasmabeschichteten und elektropolierten Oberfläche und einer Schablonendicke von 110 µm aufgebaut.

Ein Auszug aus den Ergebnissen ist in Bild 6 zu sehen. Bei einem sogenannten Extremvergleich von Löten bei Umgebungsdruck, verglichen mit Vakuum bei 10 mbar, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Vakuumeinsatz und Standard-Reflowanlage. Der Durchlauf mit einem reduzierten Vakuum bei 100 mbar bestätigt das Ergebnis und zeigt für die Bauteilkombination, dass auch mit weniger Anstrengung ein Ergebnis unter 2 Prozent Voiding erreicht wird. Dies hat einen signifikanten Einfluss auf die Taktzeit, da im ungedrosselten Vakuumpumpenbetrieb die notwendigen Prozesszeiten von 1000 mbar auf 100 mbar (respektive 10 mbar auf 1 mbar) gleichen. Dies bedeutet: Immer nur mit so viel „Druck“ wie nötig arbeiten.

Der Einfluss der ausgewählten Apertur-geometrien zeigt nur ohne den Einsatz von Vakuum signifikante Unterschiede, haupt-

sächlich in der Anzahl der gebildeten Luft-einschlüsse und teilweise auf das Gesamt-voidratio. Subjektiv ergibt sich der Eindruck, dass die Plasmaschablone tendenziell etwas weniger Voiding hinterlässt, was sich auf das bessere Auslösen der Paste und den damit verbundenen stabileren Druckprozess zurückführen lässt.

Prozessstabilität sicherstellen

Zum Abschluss noch eine Betrachtung der Prozessstabilität: Bei den Zielgrößen für das Voiding werden immer absolute Zahlen genannt, wie < 15 Prozent oder < 5 Prozent. Selten wird auf die Standardabweichung des Prozesses geachtet, die aber signifikant für den Erfolg dieser Vorgaben sind. Bild 7 zeigt dies anhand einer Voiduntersuchung ohne Vakuum, wobei eine Standardabweichung von 5,75 Prozent und ein Durchschnittswert von 19 Prozent erreicht wurde. Hierfür kann eine Grenze von <40 Prozent sicher eingehalten werden.

Da es sich bei der Anlieferung neuer Bauteile und Leiterplatten um neue Eingangsparameter handelt, kann sich das Ergebnis für den Durchschnittswert und die Standardabweichung jederzeit in die eine oder die andere Richtung verschieben, ohne Eingriffsmöglichkeit für den Prozessverantwortlichen an der Fertigungslinie. Das gleiche Bauteil erreicht mit Vakuumunterstützung nicht nur absolut maximale Voidwerte < 5 Prozent, was schon kleiner als die Standardabweichung des vorigen Prozesses ist, auch die Standardabweichung wird drastisch verkleinert. Dies führt zu stabileren Prozessen. Das Konvektionslöten mit dem gezielten Einsatz von Vakuum kann zu einer deutlichen Reduzierung der Voidanzahl und des Voidgehaltes beitragen. Zwei Vorteile der Vakuum-Konvektionslötanlage sind zum einen die Möglichkeit auf Bauteil-, Pasten- und Leiterplattenqualitätsschwankungen „reagieren“ zu können, zum anderen die „Reduzierung“ der Standardabweichung der Voidbildung im Lötprozess. (mrc) ■

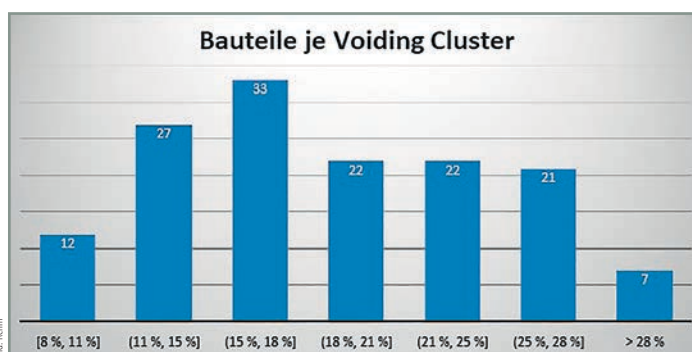


Bild 7: Histogramm der Flächenlötungen ohne Vakuum bezogen auf die Voidanteile: Selten wird auf die Standardabweichung des Prozesses geachtet, die aber signifikant für den Erfolg dieser Vorgaben sind.

Autor
Helmut Öttl

Leiter Applikation und Prozessentwicklung, Rehms Thermal Systems



all-electronics.de
infoDIREKT

200pr0619