

Was bietet Löten mit Vakuumprofilen?

Die Voidbildung im Lötprozess sicher im Griff

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

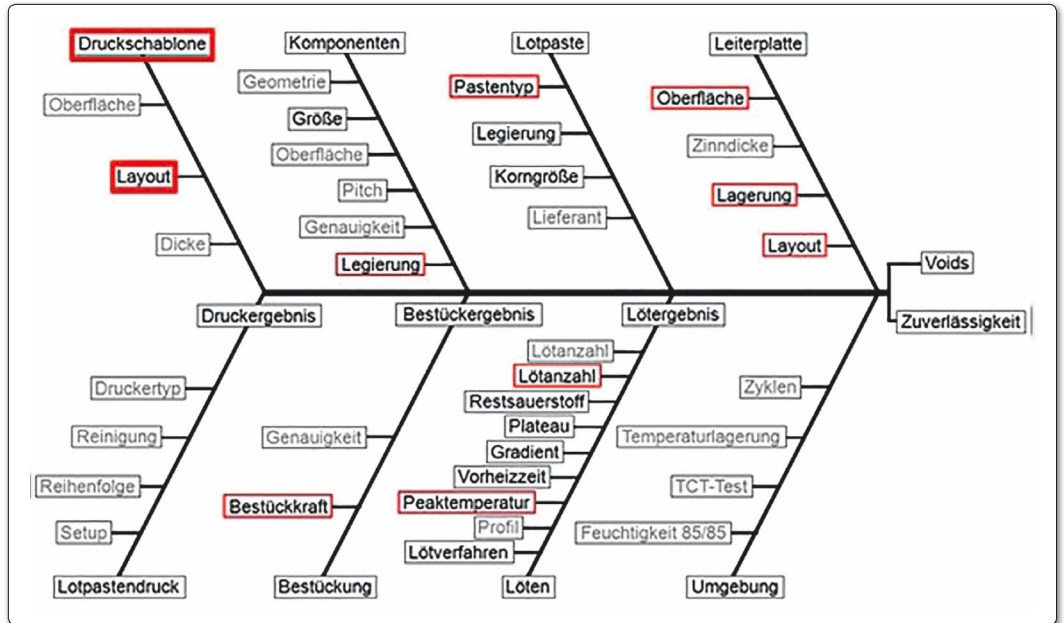


Bild 1: Einflussfaktoren auf Voids und Zuverlässigkeit (Quelle: AK Poren; Dr. Wohlrahe, TU Dresden)

Die Einflüsse in der Baugruppenfertigung auf die Lötstellenausbildung und somit auf deren Qualität sind durch unüberschaubar viele Parameter beeinflusst, die immer schwerer zu kontrollieren bzw. zu beherrschen sind. Bild 1 (erstellt vom Arbeitskreis Poren) 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 betref-

fenden Baugruppen genutzt werden können, um die Ausbildung von Voids zu verhindern. Zum einen ist dies die Schablone und die Gestaltung der Apertur, zum anderen die Nutzung der Vakuumtechnologie beim Löten selbst. Als Alleinstellungsmerkmal kann das Vakuumlöten sogar im Produktionsprozess als „Feuerwehr“ bei kurzfristig erhöhtem Auftreten von Hohlräumen genutzt werden und es kann flexibel auf Schwankungen der Zuliefer-

qualität von Bauelementen, Leiterplattenoberflächen oder Chargenschwankungen bei Lotpasten reagiert werden.

Reparaturen von Baugruppen

In den modernen Vakuumlötsystemen von Rehm Thermal Systems wie der Konvektionslötanlage VisionXP+ Vac oder den Dampfphasenlötanlagen der Condensox-Serie sind neben der Serienproduktion auch Reparaturen von Baugrup-

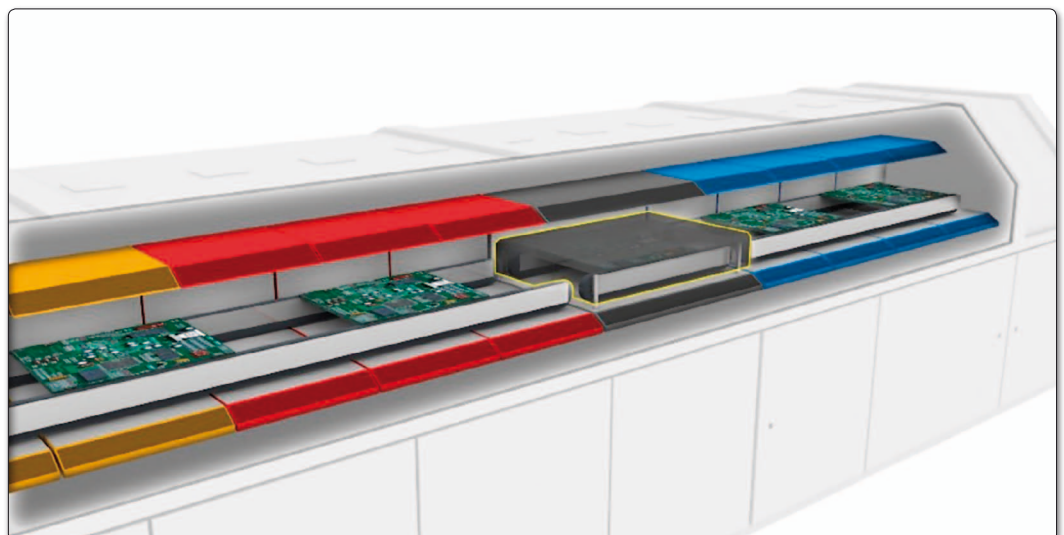


Bild 2: Aufbau einer Konvektionslötanlage mit Vakuumkammer

Autor:
Helmut Öttl
Leiter Applikation und
Prozessentwicklung
Rehm Thermal Systems GmbH
www.rehm-group.com

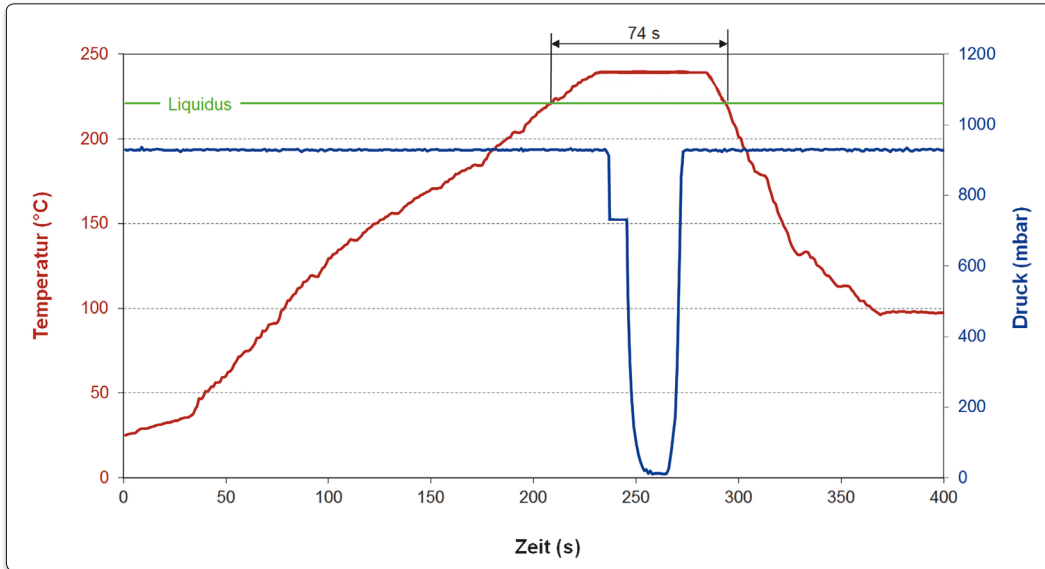


Bild 3: Baugruppenprofil auf einer Konvektionslötanlage mit Vakuumprozess

pen 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.

Doch was heißt eigentlich Vakuum und wie beeinflusst es den Aufbau einer Reflowlötanlage?

Die Definition des Vakuums ist in der 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, d.h. 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. D.h. davor und danach ist der Aufbau identisch mit einer konventionellen Konvektionslötanlage mit Vorheizung, Peak- und Kühlbereich. Es wird also lediglich eine Vakuumzone hinzugefügt.

Die Profilierung der Baugruppe geschieht dabei wie bei Prozessen ohne Vakuum, allerdings kann hier zwischen Peak- und Kühlzone der Vakuumprozess angewendet werden. Wie in Bild 3 gezeigt, muss dieser Vakuumprozess nicht aus einem Schritt bestehen, sondern

kann auch für sensible Bauteile in mehrere Halteschritte aufgeteilt werden. Vergleichbar mit einem Scuba-Taucher beim Auftauchen kann hier stufenweise der Druck aus den Bauteilen und Lötstellen entweichen.

Geschwindigkeit des Vakuumziehens

Genauso kann die Geschwindigkeit des Vakuumziehens beeinflusst werden, um die Dynamik so einzustellen, dass keine Effekte wie Lötspritzer und ähnliches auftreten können. Da einer der wesentlichen Vorteile der Konvektionslötanlage im heutigen Fertigungsprozess der hohe Baugruppendurch-

satz ist, muss hier ein Kompromiss aus zu erreichender Qualität (Voidanteil in der Lötstelle) und Taktzeit gefunden werden. 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 bei QFN-Bauteilen ein Voidratio <10 % zu erreichen, kann hier ein Zuschlag von 9 s erfolgen. Dementsprechend können die Taktzeiten aber in beide Richtungen verändert werden, je nachdem ob sie auf 5%

verschärft oder auf 20% aufgeweitet werden können.

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. Die Vorteile können also im Konvektionslöten genauso genutzt werden, bei Vergleichen dürfen aber niemals die „Randparameter“ vergessen werden, wie zum Beispiel die Lotpaste, deren Eignung für die verschiedenen Lötverfahren nicht immer identisch ist. Diesen Einfluss sehen wir in Bild 5 in der Verwendung von zwei SAC Lotpasten, aber mit verschiedener Flussmittelformulierung. Hier erscheinen größere Abweichungen bei der Voidbildung beim QFN-Bauteil zwischen Konvektionslöten mit Luft und Dampfphasenlöten. Hier läuft der Dampfphasenlötprozess jedoch 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 dieser Pasteneinfluss drastisch minimiert werden kann, egal bei welchem Lötverfahren.

In einer Feldstudie wurde hier mit diesen beiden Lötverfahren und verschiedenen Schablonenaperturen

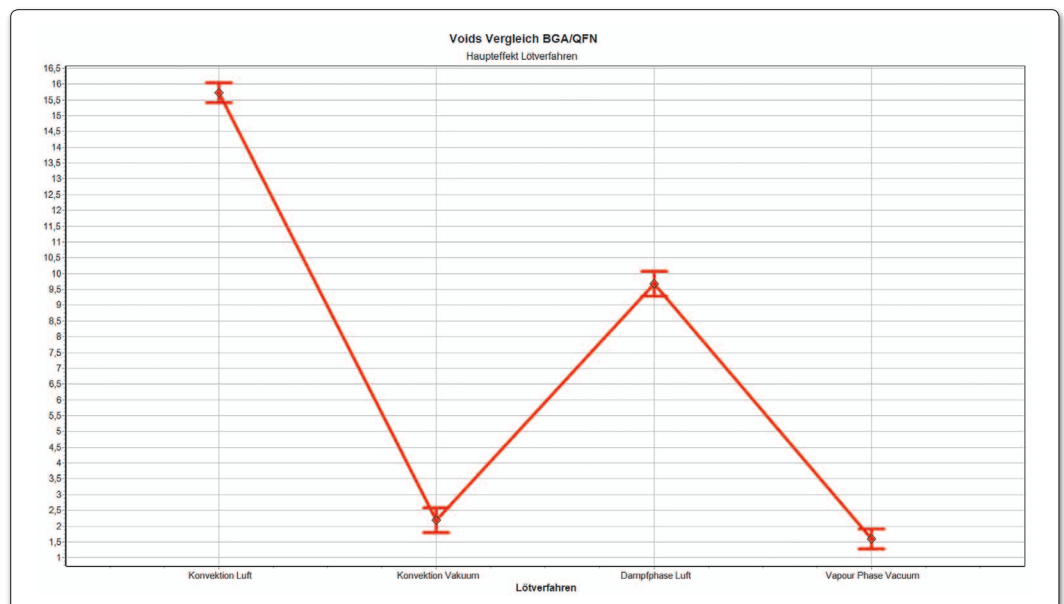


Bild 4: Vergleich der prozentualen Voidanteile für BGA- und QFN-Bauteile, bezogen auf das Lötverfahren
Quelle: Void Expert, TU Dresden

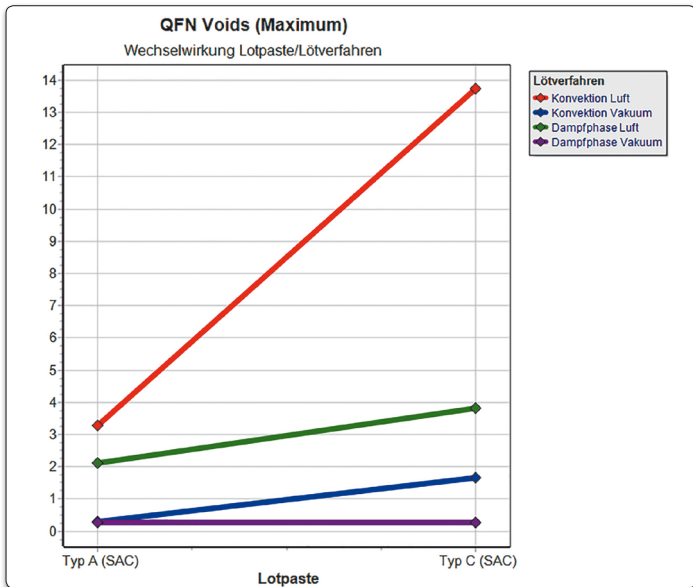


Bild 5: Wechselwirkung der Lotpaste mit Lötverfahren
 Quelle: Void Expert, TU Dresden

ein Vergleich gemacht, um die jeweilige Einflussgröße bewerten zu können. Die Schablonen wurden zusätzlich in der Materialdicke und in der Herstellungsart variiert. Eine Schablone 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. Die Testboards liefen zahlenmäßig gleich aufgeteilt mit beiden Schablonenvarianten.

Ein Auszug aus den Ergebnissen ist in Bild 6 zu sehen. Bei einem

sogenannten Extremvergleich von Lötten bei Umgebungsdruck, verglichen mit Vakuum bei 10 mbar, zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen Vakuumeinsatz und Standardreflowanlage. 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% Voiding erreicht wird. Dies hat einen signifikanten Einfluss auf die Taktzeit, da im ungedrosselten Vakuumpumpenbetrieb die notwendigen Prozesszeiten von 1 bar auf 100 mbar denen von 100 mbar auf

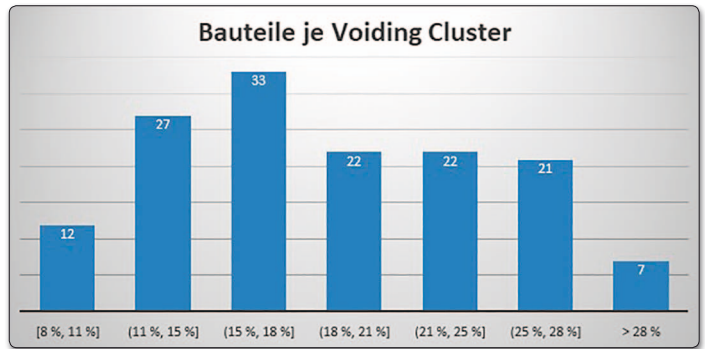


Bild 7: Histogramm der Flächenlötungen ohne Vakuum bezogen auf die Voidanteile

10 mbar (respektive 10 mbar auf 1 mbar) gleichen. Dies bedeutet: Immer nur mit so viel „Druck“ wie nötig arbeiten.

Der Einfluss der ausgewählten Aperturgeometrien

zeigt nur ohne den Einsatz von Vakuum signifikante Unterschiede, hauptsächlich in der Anzahl der gebildeten Luftpneinschlüsse und teilweise auf das Gesamtvoidratio.

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. Ein stabiler und gleichbleibender Pastendruck unterstützt hier den Lötprozess.

Zum Abschluss noch eine Betrachtung der Prozessstabilität beim Lötten: Bei den Zielgrößen für das Voiding werden immer absolute

Zahlen genannt, wie <15 % oder <5 %. 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 % und einem Durchschnittswert von 19% erreicht wurde. Für diese Betrachtung kann eine Grenze von <40 % sicher eingehalten werden, jegliche Forderung darunter muss zu Ausfällen zwangsläufig führen.

Da es sich bei der Anlieferung neuer Bauteile und Leiterplatten um neue Eingangsparameter handelt, kann sich das Ergebnis für den Durchschnittswert und die Standardabweichung aber jederzeit in die eine oder die andere Richtung verschieben, ohne Eingriffsmöglichkeiten an der Linie.

Das gleiche Bauteil erreicht mit Vakuumunterstützung nicht nur absolut maximale Voidwerte < 5 %, was schon kleiner als die Standardabweichung des vorigen Prozesses ist, auch die Standardabweichung wird drastisch verkleinert. Dies führt zu stabileren Prozessen und Ergebnissen in der Fertigungslinie.

Fazit

Zusammengefasst lässt sich sagen: Das Konvektionslötten mit dem gezielten Einsatz von Vakuum kann zu einer deutlichen Reduzierung der Voidanzahl und des Voidgehaltes beitragen. Trotz des zusätzlichen Prozesses können ein hoher Durchsatz und damit kurze Taktzeiten erreicht werden. Zwei wesentliche Vorteile der Vakuumkonvektionslötanlage sind zum einen die Möglichkeit auf Bauteil-, Pasten- und Leiterplattenqualitätsschwankungen „reagieren“ zu können, zum anderen die „Reduzierung“ der Standardabweichung der Voidbildung im Lötprozess. ◀

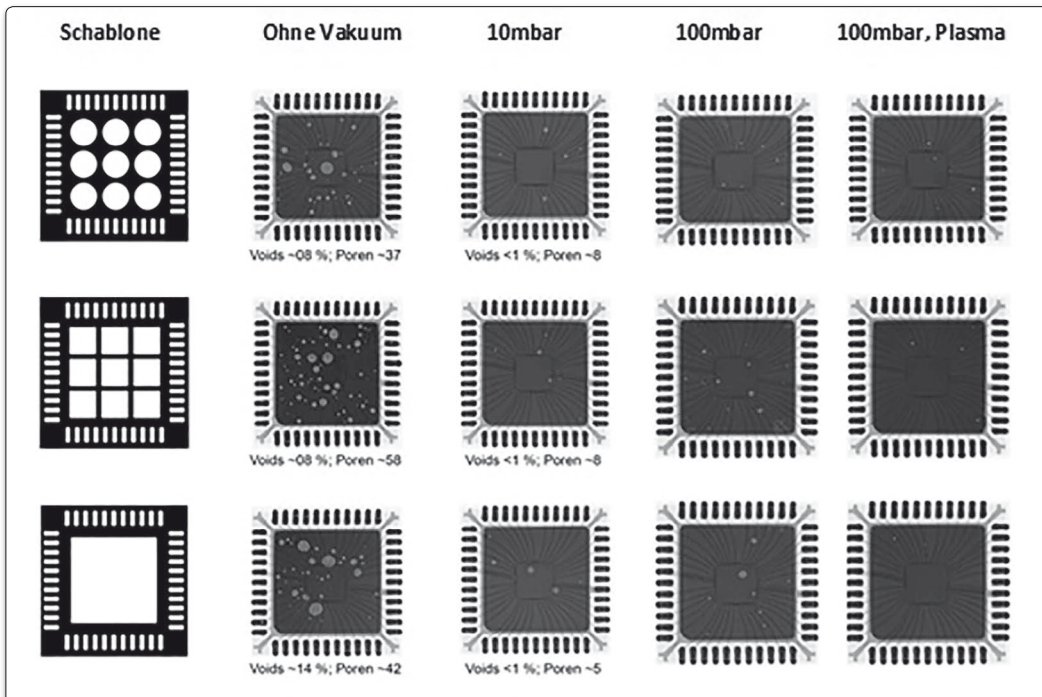


Bild 6: Einflussfaktor Schablonegeometrie und Schablonenfinish