

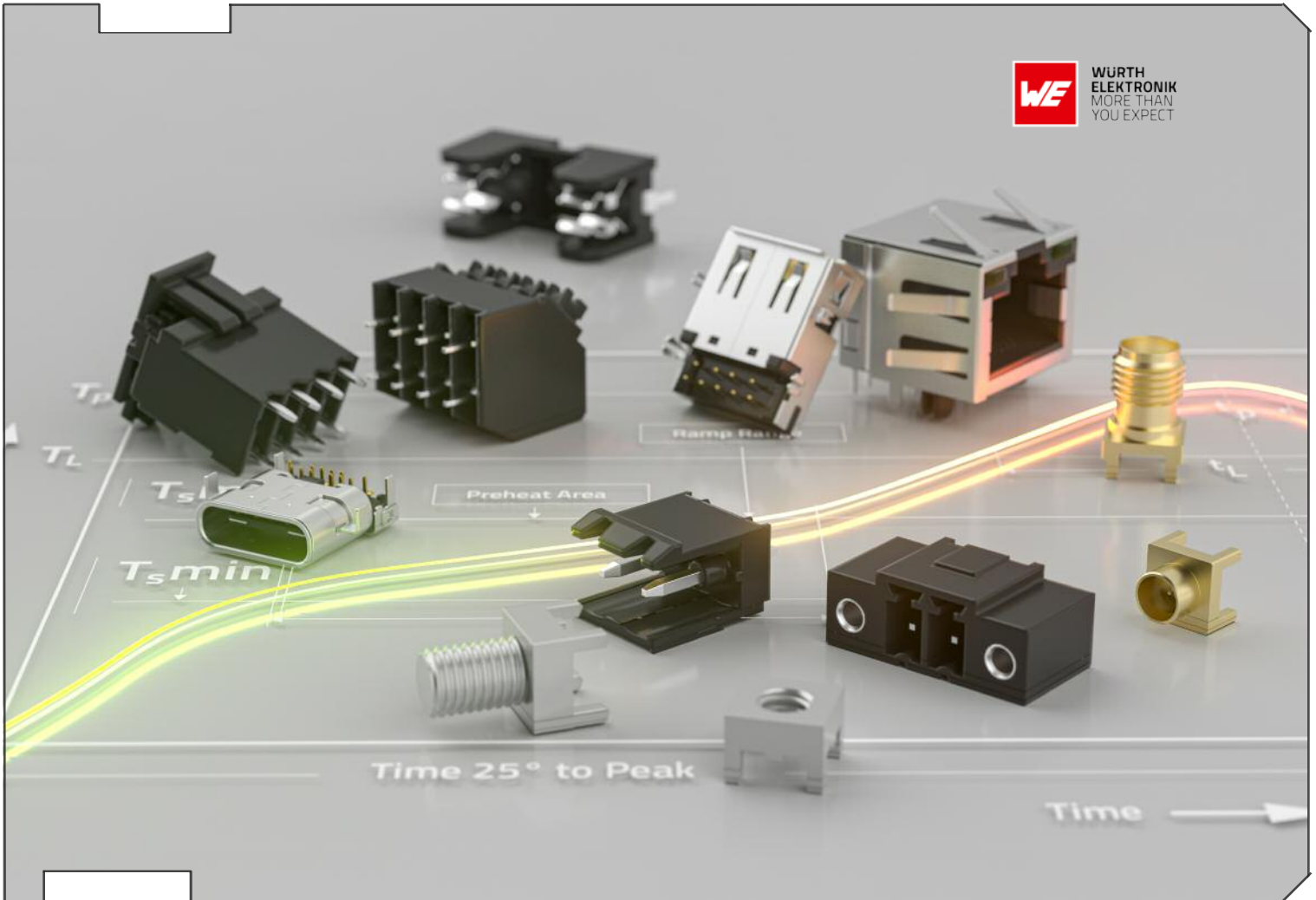
THR als Hebel für maximale Baugruppenzuverlässigkeit

Schwerpunktthema
Löttechnik

Lotpasten-
druck

EMV-
Prüfungen

Absichtliche
Störungen



APPLIKATIONSCENTER ALS INNOVATIONSPLATTFORM: BREITES PROZESS-KNOW-HOW UND EXZELLENT AUSSTATTUNG FÜR ANSPRUCHSVOLLE ELEKTRONIK- FERTIGUNG (TEIL 1/2)

Rehm Thermal Systems, Blaubeuren

1) EINLEITUNG

Die Elektronikfertigung befindet sich in einem dynamischen Wandel, geprägt durch steigende Anforderungen an Leistungsfähigkeit, Miniaturisierung und Prozesssicherheit. Gleichzeitig wächst der Druck, Fertigungsprozesse effizienter, nachhaltiger und technologisch flexibler zu gestalten. Vor diesem Hintergrund gewinnt die ganzheitliche Betrachtung von Fertigungsprozessen zunehmend an Bedeutung – von der Auswahl geeigneter Materialien über die Prozessführung bis hin zur eingesetzten Anlagentechnik.

Das Applikationscenter von Rehm Thermal Systems fungiert dabei als zentrale Innovationsplattform, in der neue Technologien, Materialien und Prozessstrategien unter realitätsnahen Bedingungen untersucht und weiterentwickelt werden. Durch die enge Verzahnung von Forschung, Entwicklung und industrieller Praxis entstehen hier Lösungen, die gezielt auf aktuelle und zukünftige Herausforderungen der Elektronikfertigung ausgerichtet sind. Der vorliegende Beitrag gibt einen Überblick über zentrale technologische Trends sowie ausgewählte Entwicklungsprojekte. Anhand konkreter Beispiele aus den Bereichen Beschichtung, Dampfphasen- und Konvektionslöten wird aufgezeigt, wie durch gezielte Prozessoptimierung und innovative Anlagentechnik sowohl Qualitätsanforderungen erfüllt als auch Effizienzpotenziale erschlossen werden können.

2) TECHNOLOGISCHE TRENDS

Die Verteilung der Kundenversuche in Abbildung 1 verdeutlicht den Wandel der Tendenzen und Anforderungen in der Elektronikfertigung. Standen früher vor allem das Löten und Beschichten vergleichsweise einfacher Baugruppen im Mittelpunkt, rücken mit steigender Baugruppenkomplexität zunehmend auch weiterführende Prozessanforderungen in den Fokus.

Damit wächst auch der Anspruch an die Anlagentechnik, die entsprechend weiterentwickelt werden muss. Zusätzliche Prozessoptionen wie Vakuum- und Ameisensäurelöten sowie Beschichtungsverfahren mit Hurricanedüse und UV-LED-Härtung lassen sich nur durch innovative Anlagenkonzepte zuverlässig umsetzen.

Die nachfolgenden Beispiele aus verschiedenen Bereichen des Rehm Applikationscenters veranschaulichen diese Entwicklung.

BESCHICHTUNGSTECHNOLOGIE

Der Bereich der Schutzbeschichtung (Conformal Coating) wurde im Jahr 2025 insbesondere durch den Übergang von lösemittelhaltigen Lacksystemen hin zu UV-härtenden Lacken geprägt. Dieser Wandel wird unter anderem durch steigende Anforderungen an Umwelt- und Arbeitsschutz sowie durch den Wunsch nach effizienteren und stabileren Fertigungsprozessen vorangetrieben. UV-Lacke bieten dabei ent-

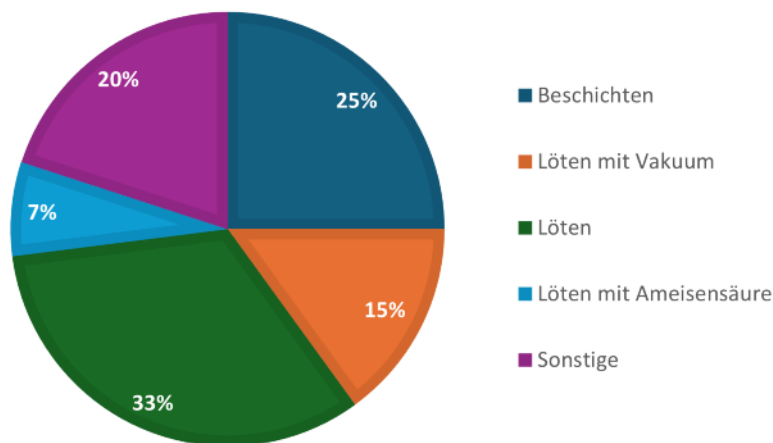


Abbildung 1: Verteilung der Applikationsversuche auf verschiedene Technologien im Rehm-Applikationscenter

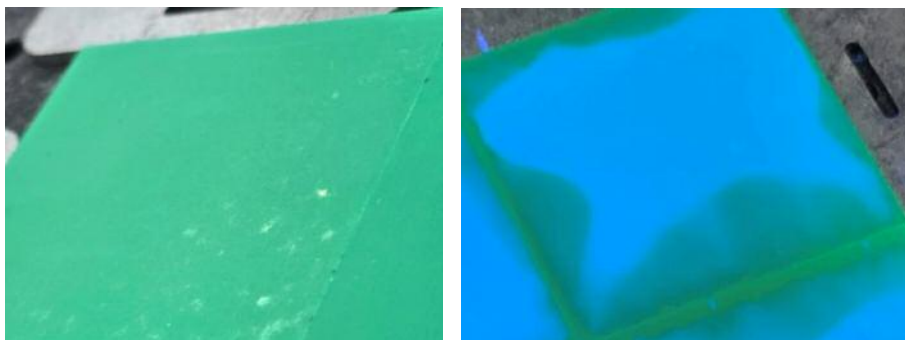


Abbildung 2: Verschmutzte Oberfläche einer Leiterplatte vor (links) und nach dem Beschichten mit einem UV-Lack (rechts)

scheidende Vorteile:

- Durch ihre schnelle Aushärtung ermöglichen sie eine deutliche Verkürzung der Prozesszeiten und damit eine frühere Weiterverarbeitung der Baugruppen.
- Gleichzeitig erlauben sie die Realisierung sehr geringer Schichtdicken, was insbesondere bei hochintegrierten Baugruppen mit engen Bauteilabständen von Vorteil ist.
- Ein weiterer technologischer Trend ist die zunehmende Nutzung von LED-basierter UV-Aushärtung. Diese ermöglicht eine energieeffiziente, prozessstabile und gezielt steuerbare Härtung der Lacke.

Trotz der genannten Vorteile stellt die Verarbeitung von UV-Lacken erhöhte Anforderungen an Prozessführung und Produktionsumgebung. Ein zentraler Einflussfaktor ist die Oberflächensauberkeit-/beschaffenheit der Baugruppen (Abbildung 2) Darüber hinaus ist die präzise Einhaltung der Schichtdicken entscheidend, da sowohl zu geringe als auch zu hohe Schichtstärken zu Funktions- oder Qualitätsproblemen führen können.

Auch die Produktionsumgebung muss an die spezifischen Eigenschaften von UV-Lacken angepasst werden. Insbesondere ist ein Schutz vor unbeabsichtigter UV-Exposition erforderlich, um eine vorzeitige Reaktion des Materials zu vermeiden. Ein weiterer wichtiger Aspekt ist das notwendige Prozessverständnis hinsichtlich des Materialverhaltens. UV-Lacke reagieren empfindlich auf Prozessparameter wie Intensität und Spektrum der Strahlung sowie auf geometrische Abschattungen durch Bauteile.

PROZESSLÖSUNGEN UND TECHNOLOGISCHE ENTWICKLUNGEN

Durch das im Applikationscenter aufgebaute Prozess-Know-how können gezielt Maßnahmen zur Bewältigung dieser Herausforderungen abgeleitet und umgesetzt werden. Im Zuge der steigenden Nachfrage nach UV-Prozessen wurden zudem neue

Technologien und Lösungen entwickelt. Hierzu zählt unter anderem das Sprühventil „Hurricane“ (Abbildung 3 links), das eine präzise und reproduzierbare Applikation von UV-Lacken ermöglicht. Abhängig von Lacktyp und Baugruppenlayout können damit auch sehr geringe und gleichzeitig homogene Schichtdicken realisiert werden. Ergänzend dazu wurde ein RDS UV-LED-Aushärtesystem entwickelt, das eine zuverlässige und schnelle Härtung der applizierten Lacke gewährleistet“ (Abbildung 3 rechts). Durch die gezielte Steuerung der Strahlungsparameter kann eine hohe Prozessstabilität erreicht werden.

DAMPFFHASENLÖTEN

Im vergangenen Jahr und aktuell wird der Bereich des Dampfphasenlötens sehr stark durch die Anwendung der Ameisensäure geprägt. Das Löten mit Ameisensäure gewinnt an Bedeutung, insbesondere in der modernen Leistungselektronik. Der zentrale Treiber ist der steigende Bedarf an flussmittelfreien Prozessen, da klassische Flussmittel zwar Oxide entfernen, jedoch auch Nachteile mit sich bringen: Sie verursachen Porenbildung durch flüchtige Bestandteile und hinterlassen Rückstände, die aufwendig gereinigt werden müssen und die Zuverlässigkeit beeinträchtigen können.

Ameisensäure wirkt hier als Reduktionsmittel, das Metalloxide in einem zweistufigen Prozess entfernt. Dabei entstehen rückstandsfreie und saubere Lötstellen entstehen.

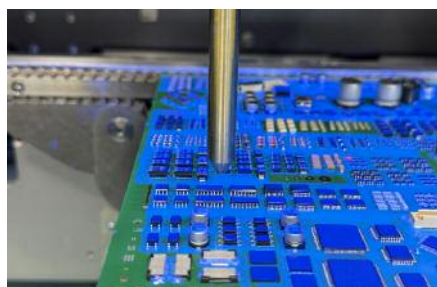


Abbildung 3: Hurricane Applikator (links) und Trocknung einer Baugruppe im UV-LED-Trockner (rechts).

hen. Gerade in Anwendungen wie IGBT-Modulen, Hochfrequenztechnik oder LED-Systemen ist dies entscheidend, da dort höchste Anforderungen an Porenfreiheit, Wärmeleitfähigkeit und Langzeitzuverlässigkeit bestehen. Insbesondere bei IGBTs auf Kühlkörpern zeigt sich der Vorteil der Kombination aus Dampfphasenlöten, kammerbasierten Injektionsprinzip und Ameisensäure:

- Das Kondensieren aus der Dampfphase erlaubt ein sehr schnelles Aufheizen von großen Massen wie Kühlkörpern
- Kammerbasiertes Injektionsprinzip macht es möglich die Atmosphäre zwischen Galden®Dampf, Stickstoff und Ameisensäure prozessschrittweise auszutauschen (Abbildung 4 links)
- Ameisensäure ermöglicht nahezu poren- und residuenfreie Lötverbindungen (Abbildung 4 rechts)

Neben der Temperaturprofilierung und der Aktivierungsdauer (Zeit und Ameisensäurekonzentration) beeinflusst auch die Sauberkeit der zu lötenden Oberflächen das Lötresultat maßgeblich – insbesondere im Hinblick auf organische Kontaminationen. Ameisensäure ist zwar in der Lage, auch dicke Oxidschichten effektiv zu reduzieren, stößt jedoch bei organischen Rückständen an ihre Grenzen. Solche Verunreinigungen können beispielsweise durch das Berühren der Oberflächen ohne Handschuhe entstehen und die Benetzung negativ beeinflussen.

KONVEKTIONSLOTTEN

Während in den vergangenen Jahren vor allem Nachhaltigkeit und Digitalisierung im Fokus standen, verschieben sich die aktuel-



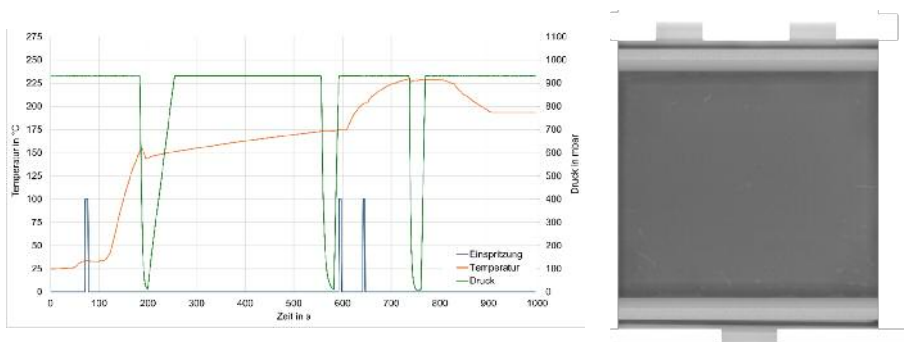


Abbildung 4: Zeit-Temperatur-Druckprofil eines Dampfphasenlötprozesses mit Ameisensäure (links) und Röntgendurchstrahlungsbild eines IGBTs nach dem Löten mit Prefoms und Ameisensäure [1]

len Anforderungen zunehmend hin zu höherem Durchsatz, einer gezielten Anpassung des Restsauerstoffniveaus sowie dem Einsatz niederschmelzender Lote.

Die Optimierung des Restsauerstoffgehalts dient dabei dem Ziel, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Stickstoffverbrauch und optimalen Benetzungsergebnissen zu erreichen. Untersuchungen zeigen, dass ein zu hoher Restsauerstoffgehalt nicht nur die Benetzung negativ beeinflusst, sondern auch die Verteilung der Flussmittlrückstände verändert (Abbildung 5 links). Im Rahmen von Versuchen zum Vakuumlöten konnte zudem nachgewiesen werden, dass bereits bei einem Druckniveau von etwa 250 mbar – bei optimaler Parameterabstimmung – sehr gute Ergebnisse erzielt werden können (Abbildung 5 rechts).

Nicht nur im Applikationscenter, sondern auch direkt in der Elektronikfertigung vor Ort unterstützen die Prozessexperten von Rehm erfolgreich bei der Reduktion von Poren, der Steigerung des Durchsatzes sowie der zuverlässigen Einhaltung von Profilvergaben.



3) TECHNOLOGIE PROJEKTE UND TECHNOLOGISCHE PARTNERSCHAFTEN IM FOKUS

Im Applikationscenter bei Rehm werden nicht nur umfangreiche Kundenversuche durchgeführt, sondern es dient auch als zentrale Plattform für die Weiterentwicklung von Prozessen und Technologien. Neben der Unterstützung individueller Kundenanforderungen liegt ein besonderer Fokus auf der kontinuierlichen Optimierung und Innovation bestehender Verfahren. Zu diesem Zweck engagiert sich Rehm in ver-

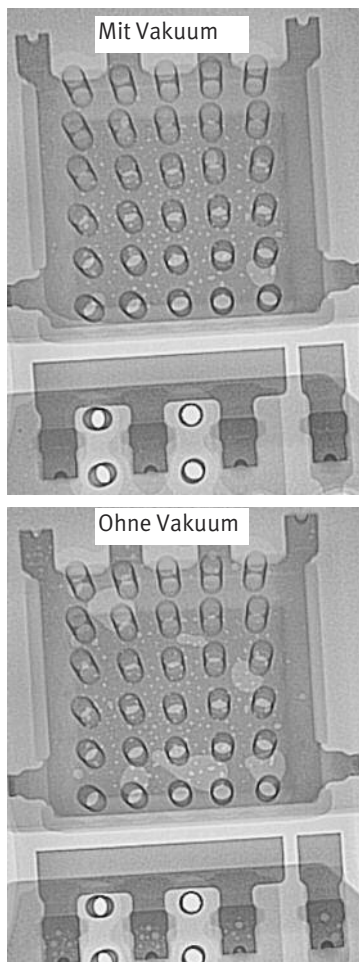


Abbildung 5: Vergleich der Lötstellen mit und ohne Stickstoff (links) und mit und ohne Vakuum (rechts).

schiedenen Kooperationsprojekten mit Industriepartnern, Forschungseinrichtungen sowie branchenrelevanten Verbänden. Diese Zusammenarbeit ermöglicht den Austausch von Know-how, die Erschließung neuer technologischer Ansätze und gemeinsame Entwicklung von Lösungen für aktuelle Herausforderungen.

Im Folgenden werden einige bereits abgeschlossene sowie aktuell laufende Projekte beispielhaft vorgestellt.

Projekt „Herausforderungen bei der Verarbeitung von kritischen LGA-Bauelementen“ (Thales Deutschland, Thermal Systems, der TU Dresden, dem Fraunhofer IZM, Koh Young Europe, ATEcare und Omron)

1) Ziel des Projekts war es, die Prozessparameter und Einflussgrößen zu identifizieren, mit denen sich der Porenanteil (Voiding) in LGA-Lötstellen auf unter 10 % reduzieren lässt und gleichzeitig eine hohe Lötstellenqualität gewährleistet werden kann.

2) Der grobe Ablauf des Projekts umfasste die Entwicklung von realitätsnahen Testbaugruppen mit verschiedenen LGA-Bauteilen (z. B. LGA32, LGA35), die gezielte Variation von Layoutparametern (Pad-Design, Schablonenöffnungen), sowie Reflowlötversuche in einer Vakuum-Kondensationsanlage mit unterschiedlichen Enddrücken. Die Ergebnisse wurden anschließend mittels AOI, Röntgenverfahren (2D, Laminographie, CT) und metallographischer Schlifffanalyse bewertet, um sowohl qualitative als auch quantitative Aussagen zum Voidgehalt und zur Lötstellenstruktur zu treffen.

3) Als zentrales Resultat zeigte sich, dass der Vakuum-Enddruck den größten Einfluss auf den Porengehalt hat (Abbildung 6 links). Zusätzlich wurde festgestellt, dass Layout und Pastenvolumen entscheidend sind – größere Pads und höhere Lotmengen führen zu einer größeren Lotspalthöhe und geringeren Voids. Des Weiteren zeigt die Paddefinition (Solder mask oder Non solder mask defined) und der Tendenz zur Lotperlenbildung den klaren Zusammenhang (Abbildung 6 rechts).

Teil 2 dieses Beitrags erscheint in der kommenden Ausgabe

■ www.rehm-group.com