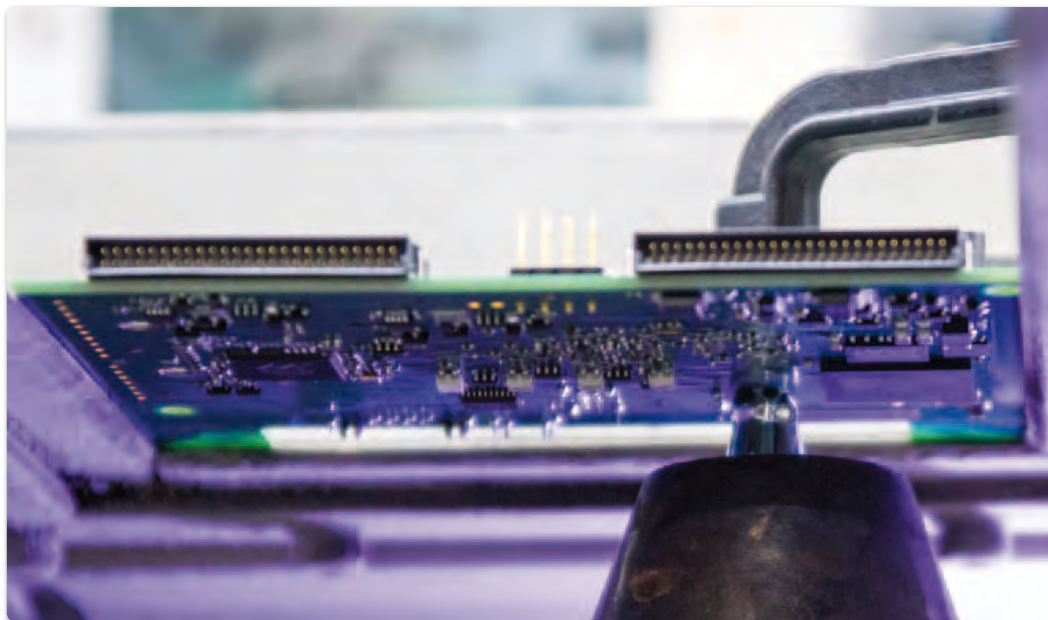


Automatisiertes Handlöten durch Roboter

Die Elektronikfertigung mit bedrahteten Bauteilen (THT) ist kaum automatisiert. Die Prozesse sind arbeitsintensiv und qualitätskritisch. Ihlemann hat seine THT-Fertigung deshalb kontinuierlich umgestellt. Wo THT-Bauteile nicht ersetzbar sind, wurde das Handlöten durch das Selektivlöten und durch Lötroboter ersetzt.



Selektivlöten: Ihlemann konnte bei sehr vielen Baugruppen das Handlöten durch das automatisierte Selektivlöten ersetzen. Bei engen Bauteileabständen ist das Verfahren allerdings nicht mehr anwendbar. (Bilder: Martin Ortgies)

Trotz der Nachteile sind THT-Bauteile oft nicht zu ersetzen. Wenn größere Ströme fließen, wie in der Hochleistungselektronik, werden bedrahtete Bauteile eingesetzt. Auch bei größeren mechanischen Belastungen (Steckverbinder oder Schalter) bleiben die THT-Bauformen erste Wahl. In anderen Fällen verhindern aufwendige Neuzertifizierungen den Ersatz von THT-Bauteilen.

In der THT-Fertigung führt das Handlöten häufiger zu Qualitätsproblemen, wie einem fehlenden Lotdurchstieg (zu geringe Löttemperatur), zu Brückenbildungen (zu viel Lötzinn) oder zu geschädigten Bauteilen (Überhitzung). Außerdem ist jeder Lötvorgang zwangsläufig individuell unterschiedlich und kann auch von der gleichen Person nicht identisch wiederholt werden.

THT-Bauteile durch THR-Varianten ersetzen

„Für Baugruppen mit wenigen THT-Bauteilen kann der Einsatz des Pin-in-Paste-Verfahrens sinn-

voll sein“, erläutert Bernd Richter, Vorstand beim EMS-Dienstleister Ihlemann AG. „Pin in Paste“ bzw. die Through-hole-reflow-Technologie (THR) ist ein bekanntes, aber bisher eher selten eingesetztes Verfahren. Dank spezieller temperaturstabiler THR-Bauteilvarianten und Hilfsstoffen ist das Verfahren aus Sicht der Ihlemann AG heute praxistauglich. Bei Pin-in-Paste werden bedrahtete Bauelemente wie SMD-Bauteile automatisiert bestückt. Das verbessert die Qualität, verkürzt die Verarbeitungszeit und ermöglicht zudem geringere Bauteil- und Lötstellenabstände zwischen den verschiedenen Technologien. Nachteilig sind dagegen die meistens höheren Kosten für THR-Bauteile, da diese für die größeren thermischen Belastungen des Reflow-Lötens ausgelegt sein müssen.

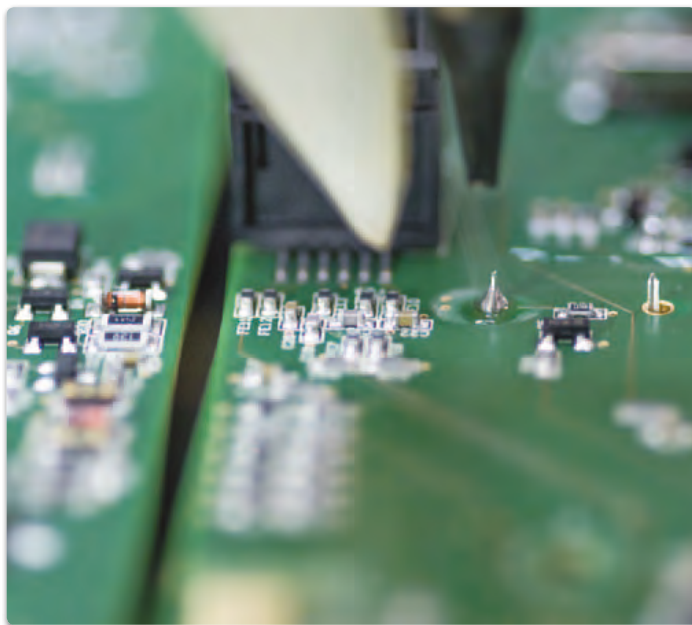
Selektivlöten als Alternative zum Handlöten

Ihlemann konnte bei sehr vielen Baugruppen das Handlöten durch das automatisierte Selektivlöten ersetzen.

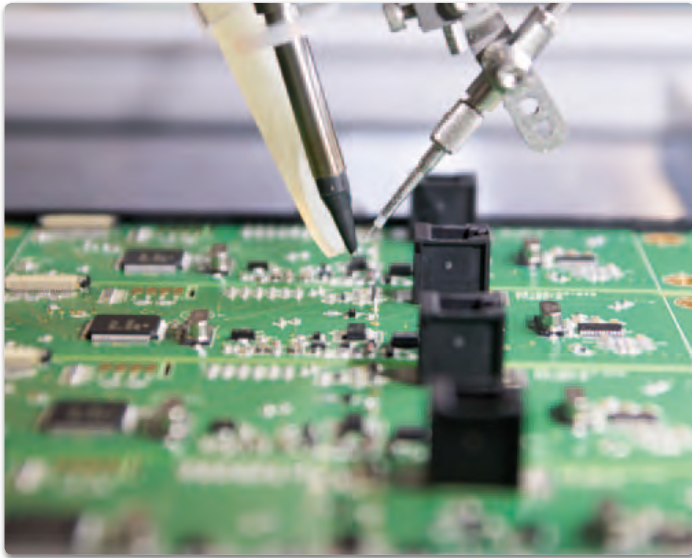
„Jede einzelne Lötstelle kann separat programmiert werden, um Flussmittel-

menge und Lötzeit selektiv zu steuern. „Durch das automatisierte Selektivlöten konnten wir in der Serienfertigung eine höhere Reproduzierbarkeit und Prozesssicherheit erzielen und auf diese Weise die Qualität der Lötergebnisse signifikant verbessern“, so Bernd Richter.

Anfängliche Probleme mit einer mangelnden Temperierung beispielsweise von Leiterplatten mit einer größeren Kupferschichtdicke und einer größeren Masse konnten gelöst werden. Durch eine zusätzliche Oberseitenheizung werden die Leiterplatte und die Bauteile so durchwärmt, dass ein einwandfreier Lotfluss gewährleistet ist. Das Selektivlöten wird für Abstände zwischen dem SMD-Bauteil und der zu lötvenden THT-Lötstelle größer gleich 3 mm seit Jahren erfolgreich eingesetzt. Durch den Trend zu immer kompakteren Baugruppen mit engeren Abständen ist das Verfahren allerdings immer häufiger nicht mehr anwendbar.



Lötstelle nach dem Löten: Durch die genaue Einstellbarkeit der Lötparameter kann die IPC-A-610 für jede Lötstelle zuverlässig eingehalten werden



Lötspitze des Lötroboters: Der Lötvorgang des Lötroboters entspricht weitgehend dem Handlöten. Die Lötspitze wird direkt auf die Lötstelle geführt und das Lötzinn wird von oben zugeführt

Automatisiertes Handlöten durch Roboter

Für kleinere Bauteilabstände setzt Ihlemann einen Löt-Roboter ein. Auch hier kann jede einzelne Lötstelle anhand der x-y-z-Koordinaten mit individuellen Lötparametern programmiert und Bauteilabstände bis zu 1 mm exakt angesteuert werden. Um alle Lötstellen optimal erreichen zu können, kann der Lötroboter seine Lötkolbenspitze um 360 Grad drehen. „Die Robotertechnik hat auch bei kleinsten Abständen enorme Fortschritte gemacht und erreicht die hohe Zuverlässigkeit der Selektivlöttechnik“, fasst der Ihlemann-Vorstand die Erfahrungen zusammen.

Der Lötvorgang entspricht weitgehend dem Handlöten. Die Lötspitze wird direkt auf die Lötstelle geführt und das Lötzinn wird von oben zugeführt. Durch die Automation des Lötprozesses kann die Menge des Zinns, die Löttdauer und die Temperatur jedoch exakt vorgegeben werden.

Der Unterschied zum Handlöten ist offensichtlich: Die Lötstellen des Lötroboters sind technisch und optisch immer gleich. Durch die genaue Einstellbarkeit der Lötparameter sind ein gut ausgebildeter Lötmeniskus und ein ausreichender Lotdurchstieg automatisierbar und Brückenbildungen sowie die Überhitzung von Bauteilen können vermieden werden. Die IPC-A-610

kann so für jede Lötstelle zuverlässig eingehalten werden.

Lötroboter ist kein Selbstläufer

Die Erfahrungen von Ihlemann zeigen allerdings, dass der Einsatz eines Lötroboters kein Selbstläufer ist. „Mithilfe der bei Ihlemann genutzten Verbesserungs-KATA war die Einführung des Lötroboters ein kontinuierlicher Optimierungsprozess. Die verfügbare Technik des automatisierten Handlötens war anfangs noch nicht praxistauglich und konnte erst durch die Prozessverbesserungen der beteiligten Mitarbeiter anforderungsgerecht umgesetzt werden“, berichtet Bernd Richter.

Die erste Hürde stellte das vom Hersteller beigefügte Lötzinn dar. Das verwendete Röhrenlot mit einer Flussmittelseele führte zu einer unzureichenden Verteilung des Flussmittels. Erst etliche Versuche mit anderen Röhrenloten führten zu einem stabilen Lötergebnis. Auch die mangelnde Reinigung der Lötspitze von Flussmittelresten führte zu schlechten Lötergebnissen. In mehreren Verbesserungszyklen wurde die Reinigungsanlage von den Mitarbeitern so verbessert, dass die Lötspitze nach der Reinigung immer den gleichen Zustand hat.

Der Winkel der Lötkolbenspitze des Lötroboters kann beliebig verändert werden, um alle Lötstellen gut zu erreichen. Jede Verände-

rung beeinflusst allerdings den Lötprozess und führt zu nicht reproduzierbaren Ergebnissen. Eine Dokumentation der jeweiligen Einstellung war allerdings wegen einer fehlenden Einstellskala zunächst nicht möglich. Sinnvoll regelbar wurde dies erst durch eine nachgerüstete Maßeinteilung. Schließlich wurde die Kontrolle dieser Einstellung vor jedem Lötvorgang in einer Verfahrensanweisung festgeschrieben.

Vorrichtungen aus dem 3D-Druck

Eine größere Herausforderung war die Fixierung der Bauteile während des Lötprozesses. Da die Lötspitze und das Lötzinn von oben auf die Lötstelle geführt werden, stehen die Bauteile auf dem Kopf und können während des Lötens leicht verrutschen. Ihlemann hat bereits mehrjährige Erfahrungen mit dem 3D-Druck, der den eigenen Vorrichtungsbau ergänzt.

Mithilfe des 3D-Drucks entstanden Haltevorrichtungen, sodass beispielsweise Stecker und Kontakte jetzt im 90-Grad-Winkel gehalten werden. Integrierte Andruckfedern sorgen dafür, dass die Bauteile bündig aufliegen und nicht verkippen können.

Lötroboter setzen viel Erfahrung voraus

Die Programmierung des Lötroboters erfolgt in einem Teach-Modus. Dabei werden die Positionen der einzelnen Lötstellen zunächst manuell angefahren und der jeweils optimale Winkel des Lötkolbens zum Bauteil

eingestellt. Außerdem werden die Löttdauer und die optimale Menge des Lötzinns festgelegt. Auch die Löttemperatur wird je nach Wärmekapazität der Lötstellen voreingestellt. Schließlich werden alle Parameter und die Positionen der Lötstellen in einer Datenbank gespeichert. Die Daten lassen sich anschließend auf identische Baugruppen im Nutzen übertragen oder für spätere Lötvorgänge wieder aufrufen. Die optimale Einstellung der Lötparameter dauert je nach Baugruppe wenige Stunden und erfordert allerdings das Know-how von Spezialisten, die über langjährige Erfahrungen im Handlöten verfügen.

Deutlich bessere Lötergebnisse

Der Lötroboter ist bereits nach einer sehr kurzen Anlaufzeit einsatzbereit und eignet sich deshalb besonders für kleine und mittlere Losgrößen. Die Lötergebnisse bei Ihlemann sind nach den internen Verbesserungsprozessen sehr gut. Die Durchlaufzeit hat sich gegenüber dem Handlöten um etwa 25 Prozent verkürzt und ermöglicht so einen entsprechend größeren Durchsatz. „Der wichtigste Vorteil beim Einsatz des Lötroboters ist die hohe Qualität der Lötstellen. Außerdem haben wir eindeutig festgeschriebene Prozesse und exakt reproduzierbare Lötergebnisse“, fasst Bernd Richter die Vorteile zusammen.

► *Ihlemann AG*
www.ihlemann.de



Halterung aus dem 3D-Druck: Haltevorrichtungen aus dem 3D-Druck und integrierte Andruckfedern sorgen dafür, dass die Bauteile beim Lötprozess bündig aufliegen und nicht verkippen können