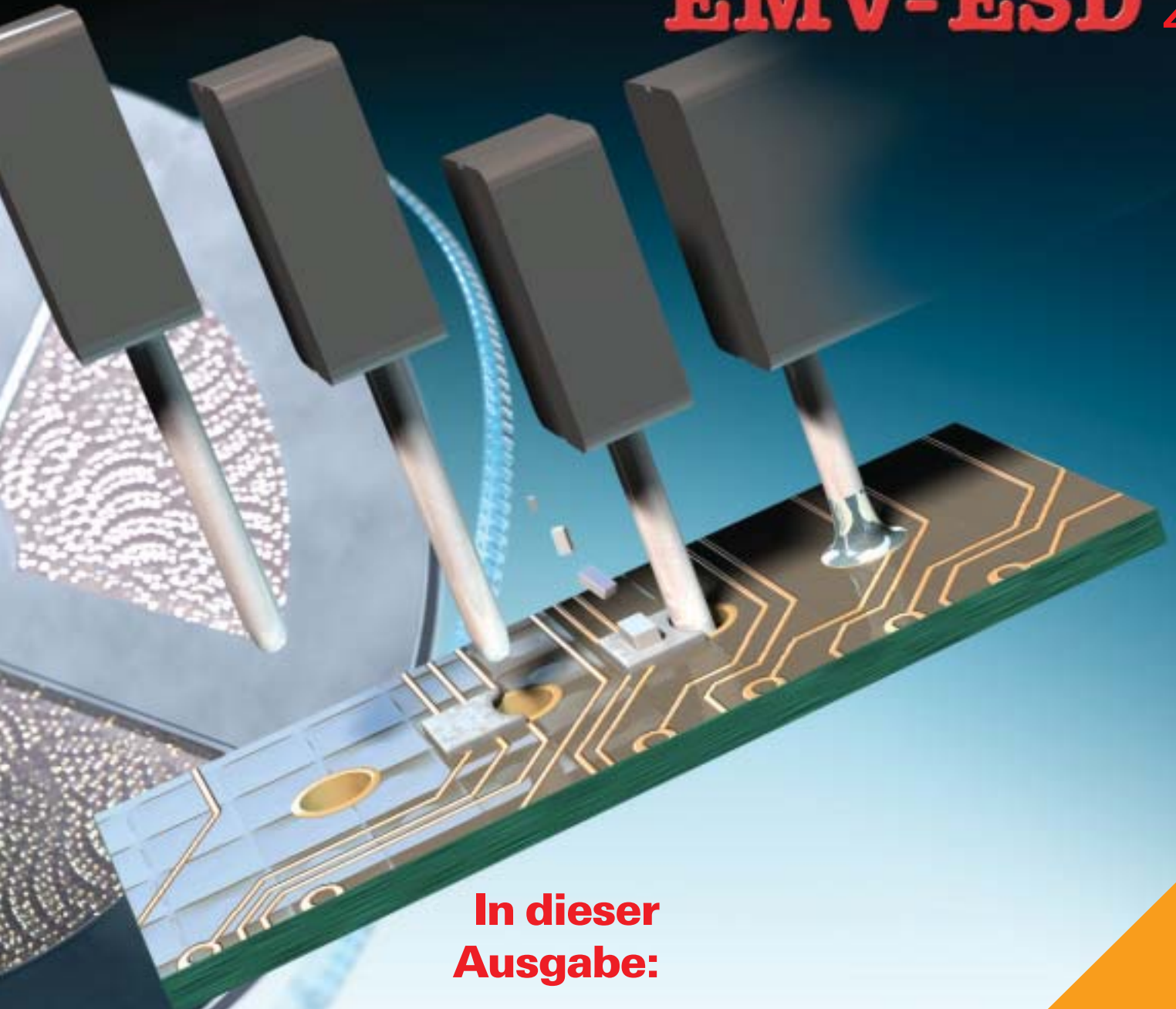


Jahrgang 18  
Mai 2005  
mit EMV-ESD 4  
9,00 €  
ISSN 0947-0808

# SMT

GERMANY

## EMV-ESD 2



### In dieser Ausgabe:

PIP<sup>+</sup>: Pin-in-Paste Plus und vorgefertigte Lotteile (Preforms) machen bleifreies Wellenlöten überflüssig

Sind wirklich alle  
Elektronikhersteller bereit zur Bleifrei-Umstellung?

MARKTÜBERSICHTEN:  
BAUGRUPPENTESTER  
EMV-ESD ANBIETERÜBERSICHT

# PIP<sup>+</sup>: Pin-in-Paste Plus und vorgefertigte Lotteile (Preforms) machen bleifreies Wellenlöten überflüssig

Karl Pfluke und Richard H. Short

Mit der Einführung der bleifreien Fertigungstechnik stehen viele Baugruppenhersteller vor der Aufgabe, bleifreies Lot auf Wellenlötmaschinen zu verarbeiten. Bekanntlich werden diese Legierungen bei wesentlich höheren Temperaturen als im herkömmlichen Blei-Zinn-Prozess geschmolzen und gelötet. Die dabei entstehenden Probleme sind vielfältig und auch einschlägig dokumentiert [1].

Einem kürzlich veröffentlichten offiziellen Bericht aus Großbritannien über die Auswirkungen lassen sich folgende Einschätzungen entnehmen: »In diesem Land werden Ausgaben zwischen \$ 95 Millionen bis \$ 464 Millionen nötig sein, um diese Maschinen (die Wellenlöt- und Reflowlötanlagen) für diese Technik umzurüsten, hinzu kommen weitere jährliche Kosten im Bereich von \$ 9 Millionen bis \$ 47 Millionen.« [2].

Die am besten für den Wellenlötprozess geeigneten Bleifrei-Legierungen weisen sowohl eine hohe Verarbeitungstemperatur als auch einen höheren Zinnanteil auf – im Vergleich zu den bisherigen SnPb-Löten. Ihre Verwendung macht nötig, dass die vorhandenen Lötanlagen entweder dafür umgerüstet werden oder aber neue Wellenlötssysteme erworben werden. Außerdem sind spezielle Flussmittel für den Bleifrei-Prozess nötig, der dann auch anders aufgebaut werden muss, beispielsweise indem man Stickstoff einsetzt, womit weitere Ausgaben entstehen. Wir zeigen in diesem Beitrag auf, wie mit einer bestens erprobten und praktisch einfachen Alternative der bleifreie Wellenlötprozess ersetzt werden kann.

Seit Beginn der 90er Jahre hat die Oberflächenmontage die bedrahtete Bestückungstechnik schrittweise weitgehend abgelöst. Die damit erreichbare höhere Packungsdichte sowie die niedrigeren Gesamtkosten im SMT-Prozess sorgen dafür, dass dies heute die Standard-Fertigungstechnik ist. Doch gibt es natürlich immer noch bedrahtete Bauteile, beispielsweise Steckverbinder und ähnliches, die sich praktisch auf jeder SMT-Baugruppe befinden.

Wellenlöten ist in der Industrie der bevorzugte Prozess, wenn Baugruppen zu löten sind auf denen sich mehrere bedrahtete

Komponenten befinden. Dies primär wegen der damit erzielbaren sehr guten mechanischen Festigkeit sowie der niedrigen Verfahrenskosten.

Allerdings ändern sich die Bedingungen in dieser Fertigungsumgebung wenn es gilt, Bleifrei-Legierungen zu verarbeiten. Die Vorteile durch das Wellenlöten von Steckverbindern verblassen rasch bei der Betrachtung der Folgen, die eine Verwendung von höher-schmelzenden Pb-freien Lotlegierungen nach sich ziehen. Unter den dann auftretenden Problemen befinden sich folgende Effekte:

- Zerstörung des Equipments [3]
- Höhere Verarbeitungstemperaturen



Bild 1: Pin-in-Paste-Lötstelle mit zusätzlicher Lot-Preform



Bild 2: Pin-in-Paste-Lötstelle ohne zusätzlicher Lot-Preform

- Gestiegene Materialkosten
  - Reduzierte Benetzungsrate
- Indem wir zwei im Grunde sehr bekannte und erprobte Techniken kombinieren, sind wir in der Lage, in vielen Anwendungen bleifreies Wellenlöten zu vermeiden.

Die Vorteile der bedrahteten Technik und SMT-Montage lassen sich miteinander verbinden bei Anwendung des Pin-in-Paste-Verfahrens (PIP, 4, 5, 6). Obwohl es sich bei PIP um eine effiziente Methode handelt, kann sie nicht immer die für eine gute Lötstelle nötige Lotmenge bereitstellen, siehe Bild 1. Nachdem außerdem die SMT-Montage (mit Reflowlöten) das Standard-Verfahren in der Baugruppenfertigung wurde, ist es leicht denkbar, dass man nur noch Steckverbinder per Welle löten müsste. Doch die höheren Ausgaben für einen weiteren Prozessabschnitt, bei dem nur einige wenige Bauteile auf diese Weise zu löten wären, lässt sich gewöhnlich wirtschaftlich nicht mehr rechtfertigen. Mit dem Einsatz von Lot-Preforms und Lotpaste (Bild 2) aber steht eine Prozessalternative für das Löten von bedrahteten Steckverbindern zur Verfügung. Damit lassen sich nicht nur erstklassige Lötstellen herstellen, sondern insgesamt betrachtet die Prozesskosten sehr günstig beeinflussen.

## Blick zurück auf die Anfänge

Die PIP-Technik geht zurück auf jene Tage in der Fertigung als es wichtig war, erhebliche Mengen von Lotpaste auf die Leiterplatten zu drucken [7]. Die aufgedruckte Paste füllte vollständig die Öffnungen der Durchkontaktierungen. Hat man dann allerdings bedrahtete Komponenten wie Steckverbinder in diese Durchkontaktierungen eingesteckt, wurde dabei ein großer Teil des vorher eingebrachten Lots einfach wieder herausgedrückt. Diese Prozedur war folglich in ihren Auswirkungen auf das Board sehr unsauber und wurde deshalb von einigen Fertigungsverantwortlichen in den Unternehmen auch ausdrücklich untersagt. Für das Reflowlöten allerdings stand dann oft so wenig Lot zur Verfügung, dass die Abnahmekriterien für Lötstellen entsprechend IPC-B-610 Klasse 3 nicht mehr erfüllt wurden – siehe Bild 3.

Mittlerweile wurde die PIP-Methode allerdings zu einem weitgehend akzeptierten und effizienten Verfahren weiterentwickelt, für das speziell angefertigte Druckschablonen und Lotpasten-Drucktechniken nötig sind [8]. Der aktuelle Stand der Technik beruht auf der Anwendung von abgestuften Druckschablonen, um mehr Paste gezielt um die Öffnungen der Durchkontaktierung herum aufzudrucken, wobei die Öffnung selbst freigelassen wird. Für viele Baugruppenhersteller wurde dies zur bevorzugten Methode für das Löten von Steckverbindern, wobei sich aber dafür der Einsatz einer separaten Wellenlötanlage wirtschaftlich nicht rechente. Bild 4 zeigt an einigen Beispielen wie Lotpaste mit solchen modernen Druckschablonen aufgedruckt wird.

Doch auch mit diesen Prozessverbesserungen verbleiben immer noch genug Fälle,

#### Volumen von Lotpasten

Lotpaste wird in ihren Materialanteilen durch Gewichtsprozent spezifiziert. Der typische Anteil von Metallpulver für den Schablonendruck beträgt rund 90 % Gewichtsanteile. Die Spezifikation der Gewichtsprozent unterscheidet sich eindeutig von jener der Volumenprozent. Entsprechend der unterschiedlichen Materialdichten (Lot hat eine um den Faktor Sieben höhere Materialdichte als Flussmittel) besteht ein Lotpastengemisch auf sein Volumen bezogen zu jeweils etwa 50 % aus Fluxer und aus Metallpartikel.

in denen sich mit dieser Technik nicht die nötigen Pastenvolumina aufbringen lassen. Obwohl also die PIP-Technik verbessert wurde, gibt es immer noch einige technische Herausforderungen wenn es darum geht, die Öffnungen der Durchkontaktierungen gut zu füllen und optimale Lötmenisken im Prozess zu erreichen. In Bild 5 ist anhand von zwei Beispielen zu sehen, wie PIP-Lötstellen aussehen können.

#### Wie aus PIP die nächste Stufe PIP+ wird

So wie es aussieht, sind die technischen Begrenzungen beim Auftragen der Lotpaste erreicht - ohne dass sich die Öffnungen (Aper-

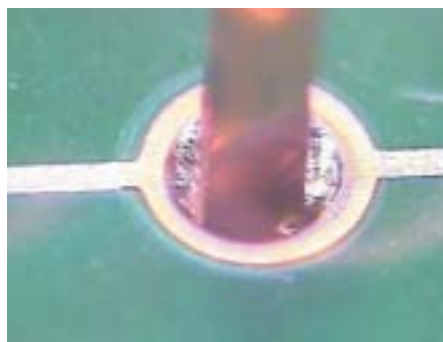


Bild 5: Beispiele von Pin-in-Paste-Lötstellen

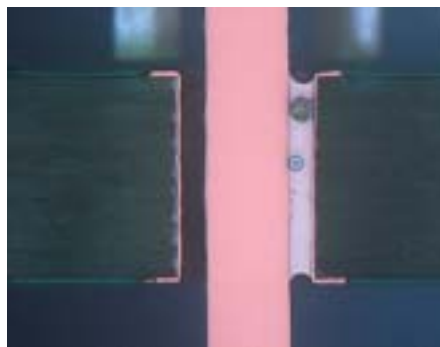


Bild 3: Lötstelle mit ungenügender Lotmenge

tures) der gestuften Druckschablonen zusetzen. Zudem steht auf den heutigen Leiterplatten immer weniger Platz für diesen Mehrauftrag von Paste (Overprint) zur Verfügung. Beim Druck von Lotpaste durch Schablonen hindurch müssen wir den Aspekt-Ratio berücksichtigen, der sich aus folgender Beziehung ergibt: Druckfläche/Druckhöhe (11). Entsprechend ihrer Viskosität kann man Lotpaste in Relation zur Pad-Fläche (Druckfläche) nur bis zu einer bestimmten Höhe drucken. Andererseits ist der Bedarf für gut und voll ausgeformte Lötstellen an bedrahteten Komponenten höher denn je. Damit die nötige, höhere Menge von Lot in solchen Fällen ausreichend zur Verfügung steht, verwenden wir vorgefertigte Teile aus Lot (Lot-Preforms) in einem von uns entwickelten Prozess, den wir PIP+ nennen.

Solche vorgefertigten Lotteile weisen exakte Abmessungen und Formen auf, sie werden aus dünnen Lotbändern gestanzt (siehe Bild 6). Die Preforms eröffnen die Möglichkeit, an Lötstellen die nötige zusätzliche Menge von reinem Lot hinzuzufügen ohne dass man noch Flussmittel beimischt. Bestückt man eine Preform auf ein Pad mit bereits aufgedruckter Lotpaste wird folgerichtig diese Lotmenge deutlich vergrößert. Nachdem solche vorgefertigten Lotteile mit höchster Genauigkeit hergestellt werden, sind die hinzugefügten Lotmengen exakt kontrollierbar. Weitere deutliche Vorteile sind der Entfall des Wellenlötprozesses (man braucht natürlich auch kein Equipment dafür) sowie die ersatzlose Streichung von komplexen Druckvorgängen mit abgestuften Schablonen. Und auch ein weiterer Flussmittelauftrag ist dann



kein Thema mehr, denn die bereits aufgedruckte Lotpaste enthält genug davon.

Mit der Verwendung von Lot-Preforms lässt sich das Problem größerer Lotvolumen sehr elegant lösen und dabei letztlich sehr zuverlässige und robuste Lötstellen herstellen. Der früher hier nötige Wellenlötprozess kann damit entfallen. Doch gibt es mindestens noch einen weiteren großen Vorteil. Weil sich diese Lotteile praktisch in allen benötigten Abmessungen und Formen komplikationslos herstellen lassen, können wir auch spezielle O603-Preforms fertigen, die jene nötige Lotmenge für die optimale Geometrie der Lötstellen zwischen Board und

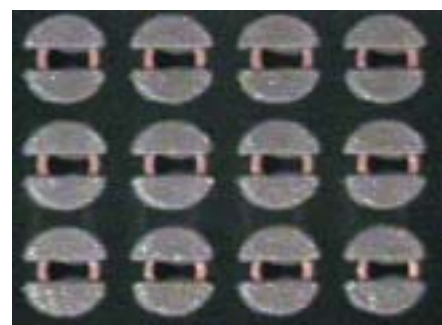
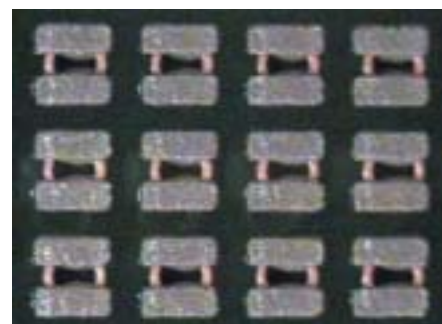
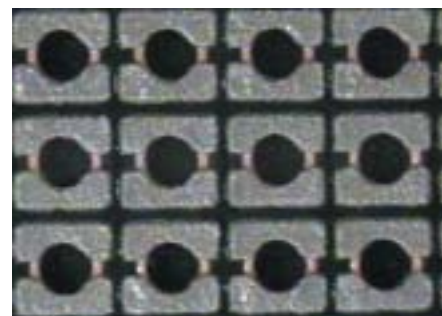


Bild 4: Beispiele von unterschiedlichen Pastendruckmustern

Steckverbinder bereitstellen. Aufgrund ihrer Abmessungen und Formen bietet es sich an, die Lotteile auf Bestückrollen (Reels) zur automatischen, hochvolumigen Bestückung bereitzustellen. Mit solch einem Konzept werden auch vorhandene Pick & Place-Bestückautomaten mit einbezogen und ihre hohe Bestückgeschwindigkeit sowie Genauigkeit vorteilhaft genutzt, außerdem lässt sich damit die Investition in solche Maschinen noch weiter nutzen. Man könnte sagen, diese Vorteile stehen für das Plus (+) im Namen des Konzepts PIP+. Bild 7 zeigt O603-Lotteile, die auf einer typischen Bestückungsrolle verfüg-

bar sind. In Bild 8 sind die vorbereiteten Lötstellen für das PIP<sup>+</sup>Konzept unmittelbar vor der Bauteilbestückung dargestellt.

## Ergebnisse

Zwei Anforderungen in der modernen Elektronikfertigung kollidieren miteinander und rufen große Bedenken bei den Prozessspezialisten hervor: dies sind das Wellenlöten und die Bleifrei-Technik. Muss man nämlich die hohen Anforderungen der bleifreien Fertigungstechnik noch einem Prozess hinzufügen, in dem sowieso bereits zahlreiche Kompromisse eingegangen wurden, dann muss man mit noch höherer Komplexität rechnen, wobei sowohl Produktqualität als auch Gewinnsituation erheblich beeinträchtigt werden.

Auf der Plusseite lässt sich vermerken, dass es sich beim PIP-Prozess und der Verwendung von Lot-Preforms um bewährte Techniken handelt. Deren Kombination, genannt PIP<sup>+</sup> (Pin-in-Paste zusammen mit den vorgefertigten Lotteilen) führt zu zahlreichen Vorteilen, vergleicht man dieses Verfahren mit einer kombinierten Methode aus SMT-Fertigung und Wellenlöten. Um so nachhaltiger werden noch die Argumente für das PIP<sup>+</sup> Konzept berücksichtigt man die Anforderungen der künftigen bleifreien Fertigungstechnik.

Im Folgenden eine Auflistung der wesentlichen Vorteile:

- Wellenlöten wird völlig überflüssig – kein Equipment, kein Material, weder Personal noch Fertigungsfläche werden davon belegt, auch Umweltschutz- und Sicherheitsbedenken entfallen
- Vermeiden aller mit dem bleifreien Wellenlöten zusätzlich ins Spiel kommender Probleme
- Kein Pastendruck mit abgestufter Schablone, Schablonenlayout und Fertigung, Lagerhaltung und Prozessschritt entfallen
- Reduzierter Verbrauch von Lotpaste
- Weniger schlechte Lötstellen und somit weniger Reparaturvorgänge
- Verbesserungen von Prozessdurchsatz, Effizienz und Produktqualität
- Besserer Ausbeute (First-Pass) in der Fertigung
- Höherer Qualität und Zuverlässigkeit der Endprodukte
- Bessere Nutzung der Maschineninvestitionen



Bild 6: Eine kleine Kollektion von unterschiedlichen Lot-Preforms



Bild 7: Vorgefertigte 0603-Lotteile in Bestückungsrolle



Bild 8: Der PIP<sup>+</sup> Prozess: das Lotteil wurde in die bereits aufgedruckte Lotpaste (PIP) bestückt



Bild 9: Abfolge der einzelnen PIP<sup>+</sup> Prozessschritte

- Durch optimierten Prozess bessere Gewinnmargen.

## Die Autoren

*Karl Pfluke* ist bei der Indium Corporation als Spezialist für Marktentwicklung tätig. Er hat ein Diplom als Fertigungsingenieur und ist als Technologe für Metallpulvertechnik anerkannt. Von der SMTA wurde er außerdem als Prozessingenieur beglaubigt.  
 kpfluke@indium.com  
 +1-315-853-4900

*Rick Short* ist Direktor Unternehmenskommunikation bei der Indium Corporation. Er hat Abschlüsse vom Utica College und dem Rensselaer Polytechnischen Institute. Während seiner Karriere konnte er Erfahrung in folgenden Positionen/Funktionen sammeln: technisches Service-Management, internationales Business-Management (kaufmännische Leitung), Einrichtung von Geschäftsmodellen auf internationaler Ebene sowie im Marketing-Management.  
 rshort@indium.com  
 +1-315-381-7554

## Referenzen

- [1] Morris und andere: Equipment Impacts of Pb-Free Wave Soldering, Apex2003
- [2] King, Rachael: Shooting at a moving target: Electronics companies struggle to meet the vague requirements of the EU's lead-free law. Electronic Business 12/1 2004
- [3] Ebenda, Morris und andere
- [4] David Vicari: Pin-in-Paste or Alternative Assembly and Reflow Technology. Surface Mount Technology Laboratory, Universal Instruments
- [5] Phoenix Contact Website: [http://www.phoenixcontact.com/global\\_scripts/reload.jsp?template=mainTemplate&url=http%3A//www.phoenixcontact.com/com/service/11727\\_6685.htm%3Fland%3Den%26lang%3Den](http://www.phoenixcontact.com/global_scripts/reload.jsp?template=mainTemplate&url=http%3A//www.phoenixcontact.com/com/service/11727_6685.htm%3Fland%3Den%26lang%3Den)
- [6] Jensen, Tim, Lasky, Ronald C.: Electronics Assembly: Practical Tips for Implementing the Pin-in-Paste Process. Indium Corporation
- [7] McLenaghan, Jim: Stencil Modifications for 'Over Through-Hole Printing'. Creyr Innovation
- [8] Lasky, R.C., Jensen, T.J.: Practical Tips in Implementing the »Pin In Paste« Process. SMTAI, September 2002, Chicago, IL
- [9] Berntson, R.B., Lasky, R.C., Pfluke, K.D.: Through-Hole Assembly Options for Mixed Technology Boards. Indium Corporation. Apex Februar 2004, Anaheim, CA
- [10] IPC-7525, Stencil Design Guidelines
- [11] Prasad, Ray: Solder Paste Printing. Surface Mount Technology Magazine (SMT) September 2000.