

Pin in Paste: 10 goldene Regeln

Die Idee der Verarbeitung von THT- und SMD-Komponenten in einem Arbeitsgang ist schon über 10 Jahre alt. Wer die Website von Bob Willis besucht, wird schier erschlagen von der Fülle an Beiträgen und Informationen über das Thema „Pin in Paste“. Deshalb sollen hier 10 vereinfachte Regeln den Einstieg in diese Technologie etwas erleichtern.

Dabei fristete Pin in Paste als etwas stiefmütterlich behandelte Idee bisher ein Dasein in Nischen und Ecken der Prozesstechnik. Der Umstand, dass die Komponentenhersteller keine reflow-tauglichen THT-Bauteile und -Steckverbinder anboten und die Anzahl der verwendeten THT-Komponenten den Einsatz der Wellenlötanlage rechtfertigten, veranlasste die Mehrzahl der Unternehmen dazu keine Energie an die Pin in Paste-Technologie zu verschwenden.

Aber die Zeiten ändern sich. Die Technik mit den bedrahteten Bauteilen in Durchsteckmontage ist in der Hochfrequenz- und der Leistungselektronik sicherlich nach wie vor ein Thema. Für den Großteil der Elektronikhersteller spielt sie nur noch bei der Anbindung der elektronischen Baugruppen eine wichtige Rolle. Hier handelt es sich oft um Steckverbinder, die starken mechanischen Belastungen ausgesetzt sind und deshalb nur in dieser Bauart verwendet werden können.

Nun stehen Entwickler und Prozesstechniker aber vor einem Problem. Mit der Erhöhung der Packungsdichte und fortschreitender Miniaturisierung versucht man die Kosten pro Leiterplatte immer mehr zu reduzieren. Um den zusätzlichen Prozessschritt Wellenlöten kommt man wegen eines oder mehrerer bedrahteter Bauteile nicht herum. Sind die Baugruppen dann auch noch beidseitig mit SMDs bestückt, kann das eine Selektivlötanlage erfordern. Kosten über Kosten. Schnell wird klar, wo noch ungeahnte Potentiale zur Kostenreduzierung bestehen.

Genau, „Pin in Paste“ muss her! Und so gewinnt ein altes Thema an Aktualität. Als uns im Oktober 2001 die Firma Phoenix Contact bezüglich „Pin in Paste“ ansprach, bemerkten wir bei DEK bereits ein stärker werdendes Interesse an dieser Technik. So waren wir zu diesem Zeitpunkt gut auf die Fragen von Phoenix Contact vorbereitet. Neu war allerdings, dass uns ein Kompo-

ponentenhersteller ansprach. Heute muss ich sagen: „Logisch, wie sollte es auch sonst sein!“ Denn wer einen Prozess beherrschen und etablieren möchte, der muss ihn erst einmal kennen.

Die Idee von Phoenix Contact war einfach und einleuchtend: Um einen reflowtauglichen Steckverbinder zu entwickeln, müssen zunächst die Grenzen und Anforderungen des SMT-Prozesses ermittelt werden. Grenzen setzen hierbei die Spezifikationen der SMT-Linien und ihrer Maschinen. Anforderungen wurden durch den Druck-, Bestück- und Lötprozess festgelegt. So lag es nah, die Maschinenhersteller anzusprechen.

Selten war ein Projekt so erfolgreich wie dieses. So entwickelte DEK gemeinsam mit den Prozesstechnologen der Phoenix Electronic, einem Tochterunternehmen von Phoenix Contact, die Parameter für den Druckprozess.

Diese wurden sogleich unter realen Bedingungen in der Produktion der Phoenix Electronic erprobt und durch das Werkstofflabor von Phoenix Contact ausgewertet und analysiert. Innerhalb weniger Wochen waren wir am Ziel.

Regel 1: Das bedrahtete Bauteil muss reflowtauglich sein!

Jetzt höre ich schon den empörten Aufschrei: „Tolle Regel! – Hat der noch mehr solcher Weisheiten auf Lager?“ Klar klingt das simpel, aber lehrt uns nicht schon die Werbung: „Denn nur wo ... drauf steht, ist auch ... drin!“

Woher wissen Sie denn, dass der Komponentenhersteller dasselbe unter reflowtauglich versteht wie Sie? Deshalb sollten sie folgende Punkte überprüfen.

Temperaturbeständigkeit

Das Bauteil sollte natürlich den Temperaturen des Reflowofens gewachsen sein und nicht nur denen für bleihaltige Lote. Denn nicht jeder setzt eine Dampfphase ein oder ist bereit, für diesen Prozess in eine Dampfphase zu investieren.

Stand-Off

Da Lotpaste auf den Restring der Durchkontaktierung und eventuell sogar darüber hinaus gedruckt wird, sollte der Bauteilkörper nicht in dieses Pastendepot eintauchen. Das könnte zur Bildung von Lotperlen führen oder das Aufschmelzen der Paste behindern. Bei Steckverbindern mit ei-

nem kleinen Raster besteht zudem noch die Gefahr von Brücken.

Pin-Länge

Und schon wären wir beim ersten Streitthema! Die Einen sagen, der Pin solle heraus schauen, die Anderen fragen, wozu. In der Regel möchte die Qualitätssicherung etwas sehen, das sie in ein Bewertungsraster einordnen kann. In den meisten Fällen gehört dazu ein Pin, der unterhalb der Leiterplatte aus der Durchkontaktierung heraus schaut. Dieser sollte allerdings nicht mehr als 1,5 mm heraus schauen, denn sonst zieht sich die Paste nicht mehr am Pin herauf in die Durchkontaktierung. Entweder sie erzielen einen Lottropfen am Pin-Ende, oder wütende Mitarbeiter, die die Vorheizzone Ihres Reflowofens reinigen müssen.

Maschinelle Bestückbarkeit

Diese ist nicht immer gefordert, kann aber zum Engpass werden. Lesen Sie genau die Spezifikationen Ihrer Bestückmaschinen bezüglich Verarbeitungshöhe, Bestückgewicht, Bestückwerkzeugen, Anpressdruck, Bauteilausrichtung usw. und stellen Sie sicher, dass die Bauteile in einer maschinengerechten Verpackung geliefert werden.

Regel 2: Design und Layout der Leiterplatte müssen in den Reflow-Prozess passen!

Oft kommt diese Regel bei einseitig bestückten Leiterplatten nicht zum Tragen. Anders jedoch bei beidseitig SMD-bestückten Leiterplatten.

- ▶ Vorher wurden die Bauteile vor dem Wellenlöten festgeklebt, nun können die schwereren im Reflow herunterfallen.
- ▶ Sind auf beiden Seiten bedrahtete Bauteile, stehen die durchgesteckten Bauteil-Pins beim zweiten Druck im Wege.
- ▶ Befinden sich zu viele Durchkontaktierungen auf der Leiterplatte, „fressen“ diese zu viel Paste und der Prozess wird instabil.
- ▶ Sind die Unterschiede in den Bohrungsdurchmessern sehr groß, wird es schwierig die geeigneten Druckparameter zu finden.
- ▶ Kleine Bohrungen sind schwer zu füllen (< 1mm).
- ▶ Aus großen Bohrungen fällt die Paste beim Transport heraus oder tropft in der Vorheizzone vom Bauteil-Pin herunter. ▷

Regel 3: Mit der Qualitätssicherung abklären, wie die Lötstelle aussehen muss!

Die Qualitätssicherung definiert die zulässige Lötstelle. Das heißt z.B. 100 % Füllung der Durchkontaktierung mit einem Lotkegel auf der Ober- und Unterseite. Diese Angaben versetzen uns in die Lage, das korrekte Lotvolumen der Lötstelle zu bestimmen. Ferner sind die Spezifikationen in Bezug auf die Lunkerbildung, Flussmittelreste und Lotperlen wichtig. Diese Angaben können schon im Vorfeld eine mögliche Überdruckung ausschließen oder legen den Bestückprozess fest (maschinell oder von Hand). Denn je zentrischer der Pin in der Bohrung platziert wird, desto geringer ist die Lunkerbildung.

Regel 4: Lotvolumen = 50 % des gedruckten Pastenvolumens

Leider schmilzt und verdampft unsere Paste zur Hälfte des ursprünglichen Volumens zusammen. Deshalb muss im Druck möglichst das Doppelte des späteren Lotvolumens als Paste aufgetragen werden. Mit den Anforderungen aus der Qualitätssicherung, den Daten der Leiterplatte und den Maßen des bedrahteten Bauteils berechnet sich das Lotvolumen wie in **Formel 1**.

Regel 5: Paste muss auch für Pin in Paste geeignet sein!

Die Eigenschaften der Paste beeinflussen unmittelbar das Druckergebnis. Generell sind alle Pasten geeignet, allerdings liefern die Pasten unterschiedlich gute Ergebnisse. Da die Schablonenöffnungen für die THT-Komponenten eher als grob zu bezeichnen sind, wird die Körnung einer Paste durch die SMD-Bauteile bestimmt. Hier gilt die Regel:

- ▶ In die kleinste Schablonenöffnung sollten 5 Pastenkügelchen nebeneinander passen.

Hierzu ein Beispiel:

- ▶ 0,5 mm Pitch mit einer Öffnungsweite von 250 µm,
- ▶ Klasse 3 Paste hat eine Körnung von 25 bis 45 µm dann berechnet man
- ▶ $5 \times 45 \mu\text{m} = 225 \mu\text{m}$: die Pastenkörnung ist geeignet!

Wichtig für den Pin in Paste-Prozess ist das Erreichen eines guten Füllgrades in der Bohrung. Deshalb sollte die ideale Paste während der Rakelbewegung ein sehr gutes Fließverhalten aufweisen, jedoch danach ebenso gut in der Bohrung und später am Pin haften.

Die Erfahrung hat gezeigt, dass Pasten mit einer gesteigerten Benetzungsfähigkeit die besten Lötgergebnisse erzielen.

$$V_{\text{Lot}} = V_{\text{Bohrung}} - V_{\text{Pin}} + 2 \times V_{\text{Lotkegel}}$$

$$V_{\text{Lot}} = 0,5 V_{\text{Paste}}$$

$$V_{\text{Lot}} = D_{\text{LP}} (\Pi d_{\text{Bohrung}}^2/4 - A_{\text{Pin}}) + \Pi h /6 (d_{\text{Restring}}^2 + d_{\text{Restring}} d_{\text{Pin}} + d_{\text{Pin}}^2) - 2 h A_{\text{Pin}}$$

V_{Lot} = Lotvolumen
 V_{Bohrung} = Volumen in der Bohrung
 V_{Lotkegel} = Volumen des Lotkegels
 V_{Paste} = Volumen der Paste
 D_{LP} = Materialstärke der Leiterplatte
 d_{Bohrung} = Durchmesser der Bohrung
 d_{Restring} = Durchmesser des Restrings
 d_{Pin} = Durchmesser des Pins
 A_{Pin} = Querschnittsfläche des Pins
 h = Höhe des Lotkegels

Berechnungsbeispiel:

$$D_{\text{LP}} = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Bohrung}} = 1,3 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Restring}} = 2,3 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Pin}} = 1,13 \text{ mm (quadratischer Pin } 0,8 \times 0,8 \text{ mm)}$$

$$A_{\text{Pin}} = 0,8 \times 0,8 \text{ [mm}^2\text{]} = 0,64 \text{ mm}^2$$

$$h = 0,5 \text{ mm}$$

$$V_{\text{Lot}} = D_{\text{LP}} (\Pi d_{\text{Bohrung}}^2/4 - A_{\text{Pin}}) + \Pi h /6 (d_{\text{Restring}}^2 + d_{\text{Restring}} d_{\text{Pin}} + d_{\text{Pin}}^2) - 2 h A_{\text{Pin}}$$

$$V_{\text{Lot}} = 1,5 (\Pi (1,3^2/4 - 0,64) + 0,5 \Pi /6 (2,3^2 + 2,3 \times 1,13 + 1,13^2) - 2 \times 0,5 \times 0,64 \text{ [mm}^2\text{]})$$

$$V_{\text{Lot}} = 2,1506 \text{ mm}^3 = 0,5 \times V_{\text{Paste}}$$

Formel 1: Berechnung des Lotvolumens für Pin in Paste

Regel 6: Die Druckparameter müssen in das Prozessfenster der SMDs passen!

Über den Füllgrad der Bohrungen hat man die beste Möglichkeit, das benötigte Pastenvolumen für eine gute Lötstelle zu erzielen. Nicht immer erreicht man auf Anhieb mit den Standardparametern das gewünschte Ziel. Änderungen in der Schablonenstärke beeinflussen das Pastenvolumen nur gering und Überdruckung birgt die bekannten Gefahren der Lotperlenbildung und unerwünschter Flussmittelreste auf der Leiterplatte. Es bleibt nur der Weg der Erhöhung des Füllgrades durch Veränderung der Druckparameter.

- ▶ Erhöhung des Pastenvolumens vor dem Rakel: Die Pastenrolle sollte immer größer als 25 mm im Durchmesser sein.
- ▶ Verringerung der Rakelgeschwindigkeit: Durch eine verringerte Rakelgeschwindigkeit hat die Paste mehr Zeit, die Bohrung zu füllen.
- ▶ Erhöhung des Rakeldrucks (bei Stahl- oder Kunststoffrakeln mit 15 mm Überhang): Ein erhöhter Rakeldruck sorgt für eine Verkleinerung des Rakelwinkels (Durchbiegung der Rakelklinge nimmt zu), damit wird eine stärkere vertikale Kraft aufgebaut.
- ▶ Kleinerer Rakelwinkel: Das Standardrakel im Pastendruck ist heute ein 60° Stahlrakel mit 6 oder 15 mm Überhang. Um einen besseren Füllgrad zu erzielen, benötigt man eine stärkere vertikale Kraft auf die Pastenrolle. Dies kann durch ein 45°-Rakel erzielt werden.

- ▶ Doppeldruck: Doppeldruck ist ebenfalls eine Möglichkeit, um den Füllgrad zu erhöhen. Allerdings kostet es Prozesszeit und birgt die Gefahr von Verschmierungen auf der Schablonenunterseite, wenn die Abdichtung zwischen Schablone und Leiterplatte unzureichend ist.

Mit einem geschlossenen Rakelsystem, wie z.B. dem Proflow-System von DEK, lassen sich all diese Eingriffe elegant umgehen. Der Vorteil der geschlossenen Systeme liegt in ihrem Aufbau. Aus Kassetten wird die Paste in eine Transferkammer gedrückt, in der sie während des Druckens rollt. Durch eine Öffnung an der Unterseite wird die Paste von „oben“ in die Öffnungen der Schablone gedrückt. Das heißt, ich habe von Anfang an eine starke vertikale Kraft, die eine gute Füllung der Bohrung gewährleistet.

Durch die Kassettenverarbeitung wird das Pastenvolumen konstant gehalten. Bei dem Proflow-System von DEK gibt ein Pastensensor rechtzeitig einen „Paste leer“-Alarm an den Bediener. Außerdem lässt sich bei diesem System über den Pastendruck (das ist der Druck auf die Pastenkassette) die gewünschte Durchdruckung (Push Through) der Bohrung konstant einstellen.

Regel 7: Die Daten für den Schablonenhersteller müssen vollständig sein!

Die Daten, die DEK benötigt, um eine Schablone oder einen Prozess zu entwickeln sind:

- ▶ Leiterplattenstärke,
- ▶ Bohrungsmaße,
- ▶ Bauteilmaße (Bauteilmuster, -zeichnung oder -datenblatt),
- ▶ Gerberdaten der Leiterplatte mit den Positionen der Bohrungen,
- ▶ bisherige Druckparameter,
- ▶ Rakelsystem (offen/geschlossen), Rakelart (Stahl, Gummi, Winkel, Härte, Überhang) sowie
- ▶ Paste.

Die Berechnung des Pastenvolumens verdeutlicht **Formel 2**.

Regel 8: Das Design der Schablone wird durch die SMDs bestimmt!

Die Schablone dient in erster Linie dazu, die Paste für die SMD-Bauteile aufzubringen-▶

$$V_{\text{Paste}} = 2 V_{\text{Lot}}$$

$$V_{\text{Paste}} = V_{\text{Bohrung}} f + V_{\text{Druck}}$$

V_{Lot} = Lotvolumen

V_{Bohrung} = Volumen in der Bohrung

V_{Paste} = Volumen der Paste

V_{Druck} = Volumen der gedruckten Paste

f = Füllgrad der Bohrung

$$V_{\text{Paste}} = D_{\text{LP}} (\pi d_{\text{Bohrung}}^2 / 4) f + A_{\text{Pad}} D_{\text{Schablone}}$$

D_{LP} = Materialstärke der Leiterplatte

d_{Bohrung} = Durchmesser der Bohrung

$D_{\text{Schablone}}$ = Materialstärke der Schablone

A_{Pad} = bedruckte Fläche

Berechnungsbeispiel:

$$D_{\text{LP}} = 1,5 \text{ mm}$$

$$d_{\text{Bohrung}} = 1,3 \text{ mm}$$

$$D_{\text{Schablone}} = ? \text{ mm}$$

$$A_{\text{Pad}} = \pi (2,25^2 / 4) = 3,976 \text{ mm}^2$$

$$V_{\text{Paste}} = D_{\text{LP}} (\pi d_{\text{Bohrung}}^2 / 4) f + A_{\text{Pad}} D_{\text{Schablone}} = 2 \times 2,1506 = 4,3012 \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$V_{\text{Paste}} = 1,5 (\pi (1,3^2 / 4) 1,83 + 3,976 D_{\text{Schablone}}) \text{ [mm}^3\text{]}$$

$$D_{\text{Schablone}} = (4,3012 - 3,6435) / 3,9761 = 0,165 \text{ [mm]} \Rightarrow \underline{150 \mu\text{m} - \text{Schablone}}$$

Formel 2: Berechnung des Pastenvolumens für Pin in Paste

gen. Bei den THT-Komponenten wird das Pastenvolumen über den Füllgrad und somit über die Druckparameter gesteuert. Das Schablonendesign kommt für die THT-Komponenten erst zum Tragen, wenn kein ausreichender Füllgrad erreicht wird. Dann kann das Volumen durch Überdruckung, Additivschablonen oder einer beidseitigen Bedruckung erhöht werden.

Regel 9: Alles ist möglich, es ist nur eine Frage des Aufwandes!

Dazu gehören alle Sonderlösungen oder zusätzliche Prozesse.

- Die beidseitige Bedruckung von Leiterplatten: Bei doppelseitigen Leiterplatten wird beim 1. Druck bereits auf den Restring der Unterseite ein Pastenvolumen aufgedruckt.
- Stege: Über große Bohrungen wird ein Steg in der Schablone belassen und damit das Pastenvolumen in der Bohrung reduziert. Ziel ist es hierbei, das Herabfallen oder Heraustropfen der Paste aus der Bohrung zu verhindern.

- Drucken mit der Pump Print-Schablone: Mit einer dicken Kunststoffschablone kann hierbei über Erhebungen, einen 1. Pastendruck oder bereits bestückte Bauteile herübergedruckt werden. Man kann allerdings auch in die Tiefe drucken (z.B. Gehäuse). Bisher liegt hierfür das Maximum bei 20 mm.

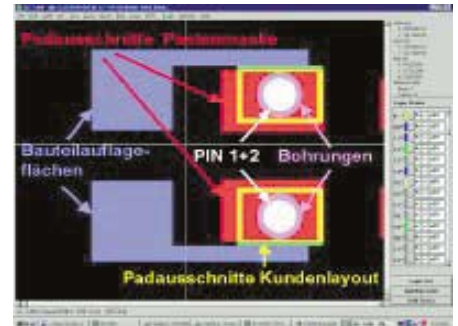


Bild 1: Beispiel für ein CAD-Layout bei Pin in Paste-Lotpads

Regel 10: Keine Angst vor neuen Prozessen!

Denn es gibt Firmen wie DEK, die bereits viel Wissen und Erfahrung im Druckprozess gesammelt haben und Sie gerne unterstützen.

Fax +49/61 01/52 27 17

www.dek.com

productronic **428**