

Ineke van Tiggelen-Aarden

# Kosteneffizientes Testverfahren zur QS von Lotpasten – Teil 3

**Die korrekte Anwendung der Lotpaste zur Herstellung von physikalischen und elektrischen Verbindungen ist absolut unerlässlich, um Qualität und Zuverlässigkeit von SMT-Baugruppen zu erzielen. Leider verfügen viele Anwender jedoch über nur unzureichende Kenntnisse und Equipment für eine allgemeine oder gar in die Tiefe gehende Evaluierung von Lotpaste – eine optimale Qualität ist somit nicht gegeben.**

## Klebekraft

Eine der Funktionen von Lotpaste ist, die Bauteile so lange in Position zu halten bis eine permanente Haftung durch den Reflow-Prozess erfolgt ist. Wenn die Lotpaste über nur unzureichende Klebekraft verfügt, kann das Bauteil zwischen Platzierung und Reflow durch die von der Bestückungsmaschine und dem Transportsystem ausgelösten Vibrationen evtl. verschoben werden. Demzufolge wird der Nachweis der Klebekraft durch diver-

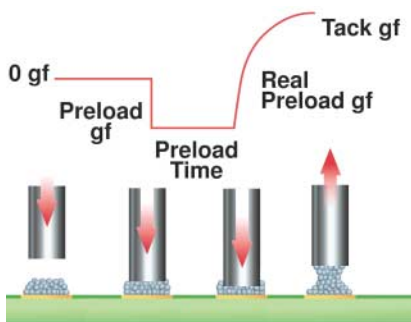


Bild 15: Das Prinzip der Klebekraft-Messung in gram-force (gf) unter Verwendung einer Sonde, die mit einem Druck/Zug-Sensor verbunden ist

se Industrienormen vorgeschrieben. Für die Messung selbst stehen verschiedene Typen von Instrumenten zur Verfügung. Die meisten Instrumente zielen auf ein Messverfahren ab, welches die Bewegungen des Bestückungskopfs simuliert. Die viskosen Eigenschaften einer Substanz lassen sich am besten damit beschreiben, dass die Masse weder zu einem gewissen Grad noch zu irgend einer

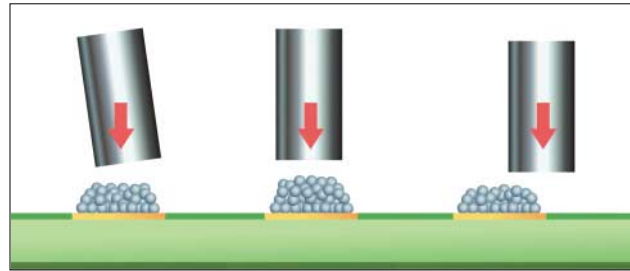


Bild 16: Es können vielfältige Gründe vorliegen, wenn die getestete Oberfläche oftmals keinen guten Kontakt zum Pastenauftrag bildet

Zeit ihre ursprüngliche Form wieder erlangen kann, wenn die Scherkräfte einmal gestoppt sind. Die elastischen Eigenschaften ermöglichen mit mehr oder weniger Verzögerung eine teilweise oder vollständige Wiederherstellung der Original-Form sobald die Scherkräfte außer Kraft gesetzt sind. Als Beispiel dient das Aufwallen von Teig oder vielen Gels entlang eines Rührstabs (auch Weissenberg-Effekt genannt).

Bei Cobar wird deshalb ein Messfühler mit einem bestimmten Durchmesser an einem Messstand angebracht. Der Fühler wird in den Pastenauftrag auf der Keramikplatte gesteckt. Es werden eine Vielzahl von Parametern, wie z.B. Bestückungsgeschwindigkeit, Verweilzeit und Ausziehrate geprüft. Im eigenen Labor wurde immer ein Gerät verwendet, welches über eine Einstellung im JIS-Mode verfügt, wie das von Cobar verwendete Malcom TK 1. Dieser Modus kann die Bewegung eines Chip-Shooters wohl am besten simulieren.

Nach dem Zurückziehen der Fühlersonde errechnet das Messgerät den zum Abziehen des Fühlers von der Oberfläche der Lotpaste erforderlichen Kraftaufwand (Bild 15). Ganz offensichtlich steht die Klebekraft der Lotpaste in Abhängigkeit zur Materialtemperatur. Eine Temperaturüberwachung der Paste mit diesen Instrumenten, sofern überhaupt vorhanden, ist bestenfalls als mittelmäßig zu bewerten.

Ein Handicap, das sich nachteilig auswirkt in Anbetracht von Feldversuchen, die Unterschiede zwischen ausreichender und ungenügender Klebekraft bei einem Anstieg der Raumtemperatur von 26 auf 28 °C nachgewiesen haben.

Die meisten Lieferanten bieten ein Mini-Handdrucker-Kit zu dem Klebekraft-Messgerät an. Dieses Kit besteht aus einer An-

zahl von Keramikplatten, einer Schablone mit 5 runden Löchern, die einen Durchmesser von 5 mm aufweisen und einem Handgummimirakel. Eine erfolgreiche Anwendung setzt regelmäßige Kalibrierungen der Last/Zug-Messzelle sowie der Temperaturüberwachung voraus.

Da nach dem Zurückziehen des Fühlerkopfs im Pastenauftrag schon unebene Druckmuster beobachtet wurden, hat sich herausgestellt, dass eine permanente Inspektion der Rechtwinkligkeit des Messstempels von allergrößter Wichtigkeit ist, um weit gestreute und somit ungenaue Messergebnisse zu vermeiden (Bild 16). Nachdem dieses Problem erst einmal erkannt war, dauerte es nicht lange bis zu der Entscheidung, diese außerordentlichen Abweichungen der Messresultate durch 5 gleichmäßig auf einer einzigen Keramikplatte gesetzten Punkte auf ein Minimum zu beschränken.

Es wurde also eine Routine übernommen, welche die beiden Ergebnisse mit der größten Abweichung vom Durchschnitt ignoriert. Anschließend wurde der Durchschnitt der verbleibenden drei Resultate ermittelt. Aber auch mit dieser Modifikation wiesen die Ergebnisse noch immer eine Streuung auf. Dies ließ darauf schließen, dass wahrscheinlich die Vorbereitung der Testmuster durch das manuelle Druckverfahren Differenzen in Bezug auf Druck, Winkel und Geschwindigkeit unterworfen war. Außerdem wollte man von der Verwendung des Handgummimirakels abkommen, das im Verdacht stand, die Paste zu sehr zu stauchen (Unterflutung, schlechtes Abscherbild, unebener Abzug). Daher wurde das manuelle Druck-Kit durch einen halbautomatischen Drucker mit Edelstahlraket ersetzt.

Erst durch diese Vorsichtsmaßnahmen konnte man vorhersagen, welche der 5 auf die Keramikplatte gedruckten Punkte Werte außerhalb des definierten Bereichs liefern würden. Zugrunde lag die Inspektion der Druckqualität mittels einem 2D-Laser-Inspektionsgerät zur Messung der Höhe der aufgetragenen Punkte. Ferner wurde davon ausgegangen, dass ein weiterer Hauptfaktor für die fortgesetzt ho-



**all-electronics.de**  
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG



Entdecken Sie weitere interessante  
Artikel und News zum Thema auf  
all-electronics.de!

**Hier klicken & informieren!**



hen Datenabweichungen in der mangelnden Überwachung der Temperatur des Pastenauftrags während dem Messvorgang zu suchen ist.

Statistische Auswertungen der über Jahre hinweg gesammelten Ergebnisse von Klebekraft-Tests belegen eine Abweichung von mehr als 10 % bei unterschiedlichen Arten von Paste. Entsprechend verlangen die Tests zur Qualitätskontrolle eine Neuorientierung der vorhandenen Methoden.

Das Haftvermögen kann als Konzept der Benetzungs- und Kohäsionskräfte der jeweiligen Materialien bezeichnet werden. Aus rheologischer Sicht kann es über die komplexe Viskosität einer Substanz kurz bevor es zum Bruch der Struktur kommt, definiert werden. Dieser Mechanismus wurde bereits bei der Erklärung des Slumping-Prinzips im Zusammenhang mit rheologischen Aspekten behandelt. Es ist exakt die selbe Prozedur, die zur Charakterisierung des Grades der Klebekraft heran gezogen werden kann.

Die Klebekraft einer Lotpaste kann als Gesamtviskosität, kurz vor dem Zusammenbruch der jeweiligen rheologischen Struktur, definiert werden.

In diesem Zusammenhang wird die Klebekraft anhand folgender Gleichung ermittelt:

$$T_r = \sum_{i=1}^N \frac{\eta_i^*}{N}$$

Wobei:

$T_r$ : Rheometrische Klebekraft

N: Anzahl der interpolierten Datenpunkte, gemessen bei  $\tan \delta$  0,95 bis hin zu einschließlich 1,00

$\eta^*$ : Gesamtviskosität

$$\eta^* = F^* / Fv^*$$

$F^*$ : Komplexe Scherkraft

$Fv^*$ : Komplexe Scherrate (Geschwindigkeit)

$\tan \delta$ : Dämpfungsfaktor

$$\tan \delta = G''/G'$$

$G'$ : Speicher-Umrechnungsfaktor (Elastische Eigenschaften)

$G''$ : Verlust-Umrechnungsfaktor (Viskose Eigenschaften)

Die Parameter Viskosität, Scherrate und Scherbelastung, welche durch die sinusförmigen Scherzyklen beim Oszillationstest bestimmt werden, sind mit einem Sternchen zur Kennzeichnung der komplexen Form versehen. Dadurch unterscheiden sie sich von Parametern, die durch Rotationstests festgesetzt wurden.

Der eigentliche Test wird mittels einem Platte/Platte Rheometer durchgeführt, wobei sich die Temperatur der Lotpaste mit einer Genauigkeit von <0,1 °C kontrollieren lässt. Der Test erfolgt bei einer konstanten Temperatur von 25 °C. Der Vorgang gehört in die Testkategorie der Amplitudenabtastung, die im Oszillationsmodus mit einer gleichbleibenden Frequenz von 1 Hz geschieht. Die Lücke zwischen den beiden Platten beträgt

#### Correlation Slump-index & Rheometric Slump Test

	Paste A			Paste B		
	$S_i$	$S_r$	R	$S_i$	$S_r$	R
Mean	93.2	49.1	0.668	88.1	7.8	0.596
% Spread*	6.9	6.7		8.9	7.3	

#### Correlation Conventional & Rheometric Tackiness Test

	TK-1*			TK-1*		
	$T_r$	R		$T_r$	R	
Mean	90.5	206.0	0.711	94.1	708.0	0.705
% Spread	9.3	3.9		14.9	4.4	

\*Malcom TK1 in JIS-Mode \* = St.D/(Mean.0.01)

Bild 18: Die rheometrischen Daten sowohl des Slump Tests als auch des Klebekraft-Tests und deren Korrelation zum Slump Index und zum konventionellen Test des Haftvermögens mittels einem Malcom TK1 Klebekraft-Messgerät. Es ist ein gravierender Unterschied im Ergebnis des rheometrischen Tests für beide Pasten festzustellen. Auch der Prozentsatz der Streuung der konventionellen Testergebnisse hinsichtlich der Klebekraft von Paste B sind von Bedeutung

2,0 mm. Die Amplitude wird bei gleichmäßig ansteigender Belastung von 0, bis hin zu 0,001% programmiert. Bild 17 zeigt die Messdaten von zwei verschiedenen Lotpastentypen. Die unterschiedlichen Typen weisen zudem beim Messen mit herkömmlichen Instrumenten abweichende Klebekräfte auf, wie dies auch Feldversuche ergeben haben.

Die Daten in Bild 18 zeigen eine signifikante Korrelation zwischen den traditionellen Methoden und der rheometrischen Technik. Darüber hinaus steht das Letztgenannte für eine kleinere Streuung im Ergebnis, da hier weitaus zuverlässigere Datenausgaben zugrunde liegen. Diese verbesserte Genauigkeit wird aufgrund der präziseren Temperaturüberwachung erzielt und dem Umstand, dass die Messplatten ein sehr viel größeres Verhältnis von Oberfläche zu Volumen aufweisen. Die Einflussnahme der Druckqualität des Pastenauftrags und der Rechtwinkligkeit der Messfühler wurde demzufolge eliminiert.

Für den Endverbraucher erscheint das Testen der Klebekraft mit traditionellem Equipment oder mittels Rheometer zu weit hergeholt oder zu teuer. Normalerweise vertrauen die Anwender auf die vom Hersteller der Lotpaste beglaubigten Daten, die allerdings mehr oder weniger gewissenhaften Tests entstammen können. Sofern die Paste andere Testkriterien erfüllt, erachten die Endkunden ein separates Testen der Klebekraft im allgemeinen für überflüssig und zu kostspielig.

Die beste Möglichkeit ist, sich auf das vom Pastenhersteller mitgelieferte Prüfzertifikat zu verlassen – vorausgesetzt, der Lieferant verwendet ein in wesentlichen Punkten qualifiziertes Testverfahren und der Anwender ist in der Lage, die SPC-Daten zu prüfen.

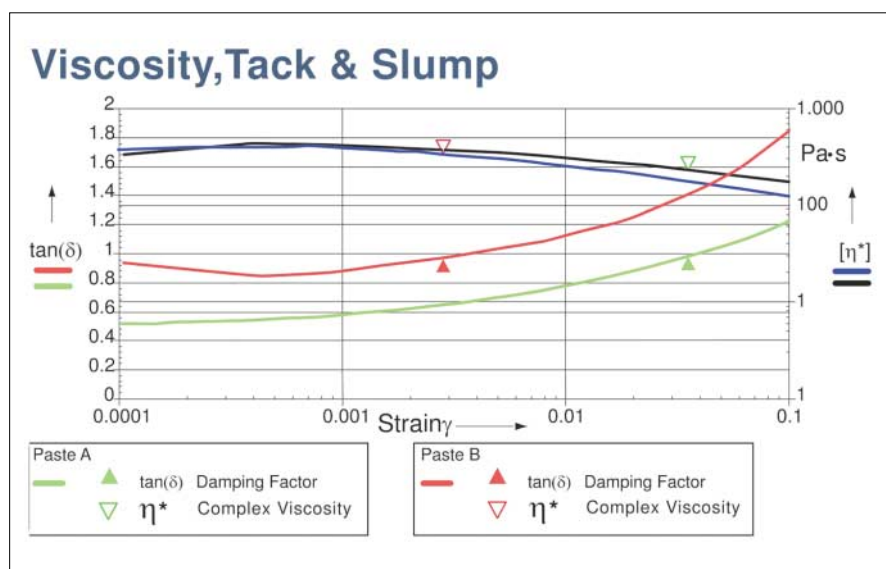


Bild 17: Diagramm der rheometrischen Bestimmung der Klebekraft: Die Markierungen geben den Punkt an, wo der Dämpfungsfaktor gerade noch <1 beträgt. Die roten Markierungen auf der blauen Linie bezeichnen die gesamte Viskosität der Paste mit höherer Klebekraft, wohingegen die grünen Marker auf der grünen Linie den Dämpfungsfaktor am kritischen Wert für Paste mit geringerer Klebekraft und mit entsprechender Gesamtviskosität auf der schwarzen Linie anzeigen

Schlusswort

Ohne aufwändiges Equipment und speziell geschultem Personal steht dem Anwender die Möglichkeit für eine Kombi-

tern, wie z.B. Druckgeschwindigkeit, Trenngeschwindigkeit, etc. aufgebracht werden. Anhand der Indizierung der Ergebnisse aus dem Slump-Test kann der Anwender einige statistische Analysen erstellen. Das Testen der Klebekraft als routinemäßiges Inspektionsverfahren durch den Endkunden mit reproduzierbaren Resultaten bleibt eine Ermessensfrage. Nichtsdestoweniger ist die Forderung nach einem Prüfzertifikat vom Pastenlieferanten hinsichtlich Viskositätstest und anderen rheologischen Parametern, wie z.B. Slumping und Haftung, plus den Standardtests, wie Lotperlenbildung, Benetzung, etc., wichtig.

Es besteht eine signifikante Korrelation zwischen den Resultaten des Slump-Index und dem rheometrischen Slump-Test. Pastenhersteller sollten für beides – Slump-Test und dem Testen der Klebekraft mittels eines rheometrischen Ver-

fahrens – eine Standardisierung schaffen. Dies würde zu genaueren und reproduzierbaren Ergebnissen führen. Analog zum Slump-Index könnte ein ähnlicher Index für die Druckdefinition bei verschiedenen Geschwindigkeiten und unterschiedlichen Temperaturen erarbeitet werden; hierfür könnte das selbe Layout zum Einsatz kommen. Ein solcher Index könnte vom Endkunden eher angenommen werden als eine Viskositätsmessung, sofern diese mit nicht zeitgemäßen und unzuverlässigen Methoden erfolgte (Bild 19). Im modernen Geschäftsleben ist Transparenz zu einem Schlüsselwort geworden. Demzufolge sollten Pastenhersteller den Anwendern die Möglichkeit einräumen, ihre SPC-Daten unter gewissen Bedingungen zu prüfen. Dies könnte dazu beitragen den Mythos Lotpaste entgegenzuwirken.

Proposed Inspection Methods					
Method	Supplier		End-User		
	QC	Remarks	Incoming Inspection	Shelf-life Extension	Remarks
Viscosity	✓	Plate/plate*			Certification only
Solder Ball	✓		✓	✓	
Slump	✓	Plate/plate*	✓	✓	Index method
Tack	✓	Plate/plate*			Certification only
Wetting	✓	Optional	✓	✓	Optional
DSC etc.	✓	Optional	✓	✓	Optional

\*Plate/Plate Rheometry

Bild 19: Eine Anzahl von Inspektionsverfahren, die zur Verbesserung der aktuellen Situation in Bezug auf die Materialinspektion sowohl für den Lieferanten von Lotpaste als auch für den Endkunden beitragen können

nation aus Lotperlen- und Slump-Test zur Inspektion der angelieferten Paste offen. Der Slump-Test erbringt jedoch nur dann nützliche Daten, wenn die Muster mittels einem professionellen Drucker mit reproduzierbaren und einstellbaren Parame-

Fax +31/76/5 44 55 77

www.cobar.com

productronic 419

Ineke van Tiggelen-Aarden, Management Technik, Cobar Europe BV.