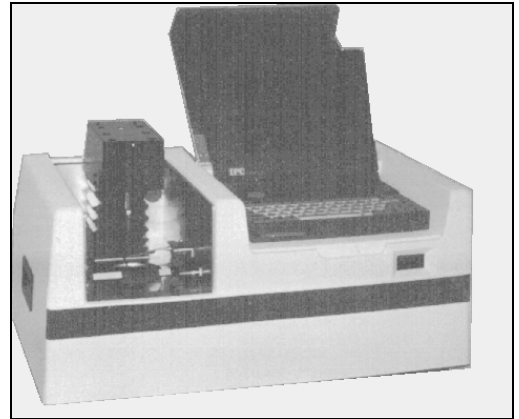


ST-50

PC-gesteuerter

Lötbarkeitstester



Lötbarkeitstest

Eine unverzichtbare Variante in der Qualitätssicherung!!!

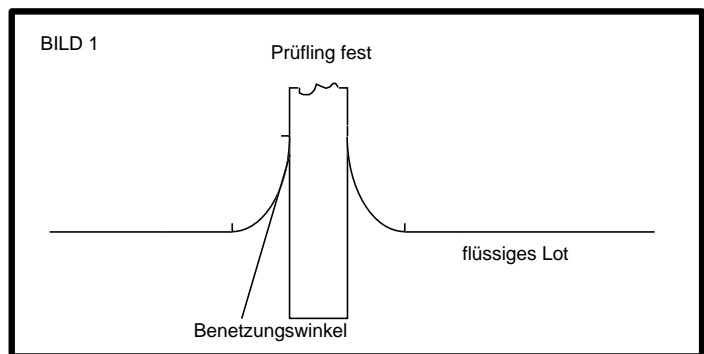
Schon in der frühen Entwicklung der Elektronik war es den Fertigungsingenieuren ein Anliegen, die Qualität der einzelnen Module und Baugruppen entscheidend zu verbessern, sofern es die Möglichkeit gäbe, die Lötbarkeit der einzelnen Komponenten zuverlässig zu bestimmen.

Sie erkannten richtig, daß dies automatisch zu höherer Produktivität und Produktion, andererseits aber auch zu weniger Reparaturen und Ausschuß führen würde.

So wurde intensiv nach einer Methode gesucht, die Lötbarkeit der Komponenten festzustellen, bevor sie eingebaut wurden und nicht erst danach.

Verschiedene Methoden wurden entwickelt um die Benetzbarkeit zu ermitteln.

Die Benetzbarkeit wird unmittelbar aus dem Meniskuswinkel abgeleitet und entsteht durch das flüssige Lot, dem festen Körper und der Atmosphäre (Flußmittel). (s.Fig.1.)



Testmethoden

Im Laufe der Zeit wurden verschiedene Möglichkeiten angewandt um eine Aussage über die Lötbarkeit zu erhalten. Die meistgebrauchtesten waren Eintauchen, Lotkugelttest und Meniskuswinkelmessen.

Bei den Tauchtests wird der Prüfling unter festgelegten Bedingungen wie Temperatur, Tauchtiefe, Dauer, Flußmittel usw. in aufgeschmolzenes Lot eingetaucht und danach begutachtet während das Maß der Benetzung geschätzt wurde. Da diese Methode völlig auf der Beurteilungsgabe des Testers beruhte, war sie für einen definierten, reproduzierbaren Test wenig tauglich.

Die Lotkugelmethode benutzt einen Tropfen geschmolzenes Lot, welches auf einen Stahlstift in einer Heizung, auf der eingestellten Temperatur, meist 235°C, gehalten wird.

Ein Prüfling wird mit Flußmittel versehen und in den Tropfen eingetaucht, dadurch spaltet sich der Tropfen.

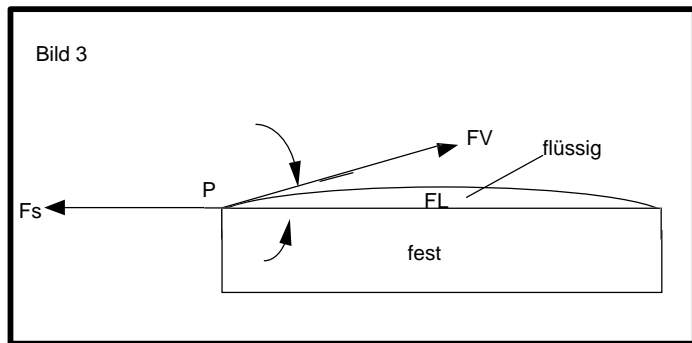
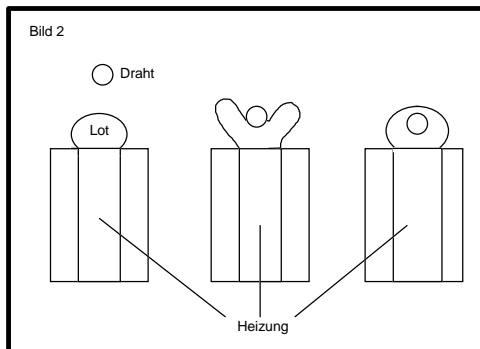
Nun wird die Zeitspanne gemessen, bevor sich der Tropfen wieder über dem Prüfling zusammenschließt.

Je kürzer die Zeitspanne ist, desto besser ist die Benetzbarkeit.

Diese Methode wurde oft bei bedrahteten Bauteilen verwendet.

Sie ist kompliziert in der Handhabung und die Resultate können durch die Geometrie und thermische Eigenschaften des Prüflings beeinflusst werden (s. Bild 2).

Obwohl diese beiden Verfahrensweisen jahrelang angewandt wurden, stellten sie nicht das "Gelbe vom Ei" dar.



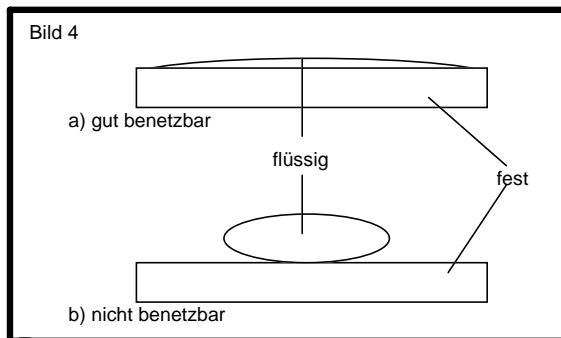
Mehr Möglichkeiten bot da der Meniskuswinkeltest.

Diese Methode beruht auf den physikalischen Eigenschaften der Oberflächenspannung zwischen einem festen Körper (Prüfling), einer Flüssigkeit (geschmolzenes Lot) und der gasförmigen Atmosphäre (Flußmittel) an der Kontaktstelle der 3 Phasen.

Bild 3 zeigt, daß durch Laplace entwickelte Modell hierzu. Um Einsicht in Prinzip des Meniskuswinkeltests zu gewinnen, kann es nützlich sein, das Phänomen "Benetzbarkeit" etwas näher zu betrachten.

Obwohl diese Merkmale jedem Modell Fest-Flüssig-Gas anhaften, wollen wir es hier nur aus der Sicht des Lötens betrachten.

In Bild 4 wird der Unterschied zwischen benetzbar und nicht benetzbar drastisch dargestellt.



Ein Tropfen Lot auf einer aufgeheizten blanken Kupferfolie mit Flußmittel versehen, zerfließt und benetzt die Folie bis die maximal erreichbare Kontaktfläche entstanden ist.

Unter gleichen Bedingungen benetzt ein Tropfen Lot auf einer Aluminiumfolie die Folie nicht und behält seine Tropfenform.

Anders ausgedrückt können wir feststellen:

Benetzung entsteht, wenn die Adhäsionskraft zwischen dem Lottropfen und der Kupferfolie größer ist als die Kohäsionskräfte des Lottropfens.

Bei Lötbarkeitstests geht es weniger darum festzustellen, daß die Teile benetzen, sondern darum, wie "GUT" sie benetzen.

Die kann man unter richtigen Voraussetzungen mit dem Meniskuswinkel beantworten.

In Bild 3 wird der Winkel- θ am gemeinsamen Kontaktpunkt - P - zwischen fest (Prüfling), flüssig (Lot) und Dampf (Flußmittel) gemessen.

Hier entsteht Oberflächenspannung zwischen jeweils zwei der drei anwesenden Phasen.

Wenn die Phasen im Gleichgewicht sind, gilt nach Young:

$$F_s = F_1 + (F_x)(\cos \theta) \text{ oder } F_s + (-F_1) + (-F_y) \cos \theta = 0$$

Bild 5 zeigt eine einfache Darstellung eines Meniskus nach den Feststellungen von Laplace und Young.

Abhängig von den Kraftresultaten in Bild 5 kann der Meniskus Formen wie im Bild 6 dargestellt annehmen.

Beim Einsatz des Meniskuswinkels kann der Anwender den Winkel zwischen 0° und 180° präzise bestimmen.

Es gibt zwei Methoden um zum gewünschten Resultat zu gelangen.

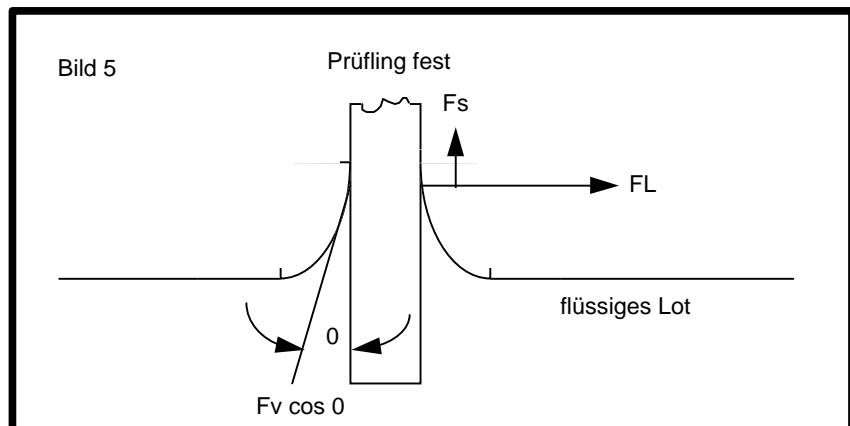
Die Erste basiert auf einer Serie von Gleichungen, die den Kontaktwinkel und seine Relation zur Höhe des Meniskus an einem Prüfling, der vertikal in flüssiges Lot eingetaucht wurde, festlegen.

Das dafür eingestezte Instrument

(Benetzungswaage) benutzt

folgende Mathematische Relation: $H = f(\theta)$

H ist die Höhe des Meniskus am vertikal eingetauchten Teil, θ ist der Kontaktwinkel.



Die zweite Methode mißt die resultierenden Kräfte, die auf den Prüfling, der vertikal in flüssiges Lot eingetaucht wurde, einwirken.

Die Methode benutzt die mathematische Relation: $F = F(\theta)$. Hier ist F die Kraft die auf den Prüfling einwirkt (siehe Bild 3 + 5.), θ ist der Kontaktwinkel.

Obwohl dieses Verfahren, gegenüber den bisherigen Prüfmethode, einen enormen Fortschritt bedeutet, bleibt sie jedoch bedienerabhängig und außerdem vermittelt die Höhe des Meniskus nur eine abgeleitete Aussage über die Lötbarkeit.

Das wird besonders deutlich, wenn man die Anwendung der Benetzungswaage betrachtet.

Die Löttemperatur, Tauchzeit, Tauchtiefe, Flußmittel usw. können konstant gehalten werden. Die Optik wird auf der Lötbadoberfläche fokussiert und der Wegaufnehmer am Fokussiertrieb wird auf 0 gestellt.

Während der Prüfling für eine festgelegte Zeit eingetaucht ist, wird die Fokussierung auf dem hochsteigenden Meniskus gehalten.

Die Höhe des Meniskus wird am Wegaufnehmer abgelesen. Da das Ablesen und auch das Verstellen der Fokussierung vom Bediener vorgenommen werden muß, ist das Prüfergebnis leider nicht immer frei von menschlichen Fehlinterpretationen.

Die Bedienung ist sehr einfach. Die wichtigsten Parameter wie Lötbadtemperatur, spezifisches Gewicht, Tauchzeit und -tiefe, Flußmitteloberflächenspannung usw. werden in den PC eingegeben und von diesem gesteuert und überwacht.

Das Absenken, Eintauchen und Hochfahren ist automatisiert und wird per Computer gesteuert.

Die Resultate werden vom Rechner gemessen, analysiert, berechnet und abgespeichert.

Das Gerät mißt die Kräfte, die auf den Prüfling einwirken und gibt diese an den PC weiter.

Beim Eintauchen des noch kalten Prüflings findet noch keine Benetzung statt und der Prüfling "schwimmt" auf der Lotbadoberfläche.

$$\cos\theta = \frac{F + KEV}{KGF}$$
 Bei einer Benetzung kehren sich die Kräfte um; das Lot "kriecht" am Prüfling hoch, die Oberflächenspannung zieht den Prüfling nach unten. Die Kräfte werden gemessen und über Zeit integriert, analysiert und nach folgender Formel berechnet:

F stellt die gemessene Kraft dar. K ist ein Faktor der im Rechner eingegeben ist. V ist das eingetauchte Volumen des Prüflings. G ist das spezifische Gewicht des Lotes.

F ist die Fläche des Prüflings. E ist die Oberflächenspannung zwischen Lot (flüssig) und Flußmittel (Gas) θ ist der Kontaktwinkel oder Meniskuswinkel.

Der Einsatz eines Rechners mit der Steuersoftware garantiert eine einfache Bedienung und genaueste Testergebnisse.

Für den Rechner ist die Form des Prüflings (rund, rechteckig, lang, kurz, groß oder klein) unerheblich, ebenso ob der Prüfling nur einen oder mehrere Anschlüsse hat, sobald die entsprechende Eingabe gemacht ist, errechnet er direkt den Meniskuswinkel und gibt damit sofort die Lötbarkeit an.

In den diversen Normen wird die Lötbarkeit inzwischen wie folgt definiert:

$0^\circ < \theta < 10^\circ$ perfektes Benetzen
$10^\circ < \theta < 20^\circ$ exzelentes Benetzen
$20^\circ < \theta < 30^\circ$ sehr gut
$30^\circ < \theta < 40^\circ$ gut
$40^\circ < \theta < 55^\circ$ zufriedenstellend
$55^\circ < \theta < 70^\circ$ schlecht
$70^\circ < \theta < 90^\circ$ sehr schlecht

Im Beispiel wurde ein PLCC Baustein mit 20 Anschlüssen auf einer Seite geprüft. Der Test wurde bei einer Lötbadtemperatur von 235°C, einer Tauchtiefe von 0,2 mm und einem Faktor K von 420,9 und einer Tauchzeit von 5 sek. ausgeführt.

In der Tabelle wird die Zeit mit der dazu gemessenen Kraft in mN angegeben.

In der Spalte θ (Deg) wird der errechnete Meniskuswinkel direkt angegeben. Hier kann der Benutzer die Lötbarkeit unmittelbar ablesen.

In unserem Beispiel ist das Ergebnis, nach 5 Sek. Verweilzeit bei 52,93°, also gerade noch zufriedenstellend im unteren Bereich der Skala.

Die Ableitung der Lötbarkeit anhand des Meniskuswinkels wurde durch ausführliche Untersuchung unterstützt.

Maßgeblich beteiligt waren hier das Community Bureau of Reference, Brüssel, Belgien und wurden ausgeführt vom NPL, National Physical Laboratory, Teddington in England.

Fazit:

Mit der Integration von elektronisch gesteuerter Messung der Kräfte basierend auf Computersteuerung, bzw. Verarbeitung der gemessenen Werte in einem Lötbarkeitstestgerät, wurde der Unsicherheitsfaktor bei der Interpretation durch den Bediener, weitestgehend ausgeschaltet.

Es steht somit ein objektives, zuverlässiges und reproduzierbar prüfendes System zur Verfügung, mit dem die zu erwartende Lötbarkeit von Bauteilen festgestellt werden kann.

Es bedarf hier keiner weiteren Erwähnung, daß sich durch den Einsatz des Rechners eine SPC-Steuerung anbieten, die nicht nur die Zahl der Lötfehler reduzieren helfen kann, sondern auch die Überwachung und Qualifizierung von Zulieferteilen wie Komponenten, Flussmitteln, Lote, Lotpasten sowie einer Menge technischer Untersuchungen ermöglicht.

Literaturnachweis falls erwünscht.

