Handlötkolben für das Bleifrei-Zeitalter

Auf die Spitze getrieben

Röhrenlot mit einer Flussmitttel-Seele (Flux Cored Solder Wire) wird allgemein bei der Handlötung und bei der maschinellen Punktlötung verwendet – auch mit bleifreien Legierungen. Welche Probleme treten nun während des Lötens mit derartigem Lotdraht auf? Wie können diese Probleme speziell mit Blick auf den Lötkolben und die anderen Lötwerkzeuge positiv beeinflusst werden?

Ein Lötkolben ist ein schlichtes Gerät, das weithin zum Löten verwendet wird. Die Verbindungsmethode, die man mit einem Lötkolben erzeugt, wird als Handlöten bezeichnet, wobei die Lötspitze ihre Wärme durch Wärmeleitung auf die Lötstelle überträgt, wodurch das Lötzinn schmilzt und in Gegenwart eines Flussmittels eine Lötverbindung entsteht.
Die elektrischen Lötkolben, die in der Elektro- und Elektronikindustrie eingesetzt werden, bestehen aus den folgenden drei Hauptbestandteilen

- der Lötspitze,
- dem Heizelement und
- dem Temperaturregler.

Die Qualität der Lötung, die mit einem Lötkolben erzeugt wird, ist in einem hohen Maße von der Legierung des Lötzinns und von den Eigenschaften des angewandten Flussmittels abhängig, aber auch von der Konstruktion des Lötkolbens selber.
Kupfer oder eine Kupferlegierung mit einem möglichst hohen thermischen Leitwert wird zur Herstellung verwendet und die Oberfläche der Lötspitze wird mit einer Eisenschicht oder mit anderen Oberflächen gegen Korrosion überzogen.
Die Wärmequelle ist in aller Regel ein Heizelement aus einem gewickelten Chrom-Nickeldraht oder sie besteht aus einem Sintermaterial, das auch als Keramikheizelement bezeichnet wird. Weil es von höchster Wichtigkeit ist, die Temperatur der Lötspitze konstant zu halten, werden Temperatursensoren eingesetzt, um die Spitzentemperatur höchst genau regeln zu können.
Für einen guten Lötkolben (**Bild 1**) sind folgende Eigenschaften unerlässlich:

- Schnelles Nachheizen und eine große Wärmekapazität,
- geringe Temperaturschwankungen während des Lötens,
- gute Benetzbarkeit und geringe Korrosion der Lötspitze,
- geringes Gewicht und einfach zu handhabender Griff sowie
- leicht auszuwechselnde Lötspitze.

AUTOR

Hakko Corp. Osaka, aus dem Englischen übersetzt und ergänzt von Günter R. J. Kullik

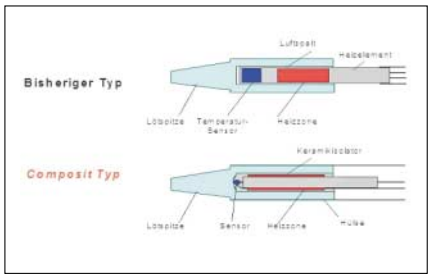


Bild 1: Konstruktionsmerkmale von Lötkolben

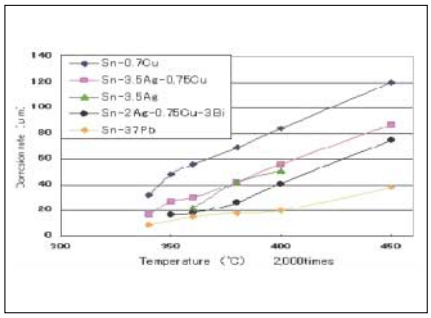


Bild 2: Korrosionsrate an Lötspitzen bei der Anwendung von bleifreiem Lot



Bild 3: Verzunderte Lötspitze

Einige dieser Forderungen sind nicht gleichzeitig zu erfüllen. Z. B. ist eine Lötspitze mit einer „guten" Benetzbarkeit auch anfällig für Korrosion. Es ist schwierig beide Eigenschaften gleichzeitig zu optimieren.

Gegenstand der Untersuchung

Röhrenlot mit einer Flussmitttel-Seele (Flux Cored Solder Wire) wird allgemein bei der Handlötung und bei der maschinellen Punktlötung verwendet. Lot dieser Art in bleifreier Ausführung herzustellen ist schwierig und die Auswahl ist begrenzt. Lötzinn mit einem niedrigen Schmelzpunkt besteht z. B. aus einer Sn-Zn-Legierung oder einer Sn-Bi-Legierung. Beide Legierungen sind schwer zu Drähten zu formen und beide Legierungen oxidieren leicht. Konsequenterweise werden Lotdrähte mit einer Flussmittelseele daher aus Legierungen SN-Cu oder Sn-Ag, Sn-Ag-Cu oder Sn-Cu-Ni hergestellt, die aber erst im Bereich von 210 bis 230 °C schmelzen.
Welche Probleme treten nun während des Lötens mit derartigem Lotdraht auf?
Wie können diese Probleme speziell mit Blick auf den Lötkolben und die anderen Lötwerkzeuge positiv beeinflusst werden?

Probleme bei der Handlötung

Das Löten mit bleifreiem Lötzinn ist schwieriger als Löten mit konventionellem eutektischem Sn-Pb-Lötzinn. Die Ursachen für diese Schwierigkeiten sind vielfältig. Repräsentative Legierungen wurden in den folgenden Untersuchungen gewählt:



Bild 4: Geschwärzte Lötspitze

all-electronics.de
ENTWICKLUNG. FERTIGUNG. AUTOMATISIERUNG

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

Hier klicken & informieren!



Bild 5: Verzunderte Wärmeübergänge an der Spitze (links) und an der Kontaktstelle zum Heizkolben (rechts)

- Sn-0,7 % Cu mit einem Schmelzpunkt von 227 °C,
- Sn-3,5 % Ag mit einem Schmelzpunkt von 221 °C,
- Sn-3,5 % Ag-0,7 % Cu mit einem Schmelzpunkt von 217 °C und
- Sn-Cu-0,7 % Ni mit einem Schmelzpunkt von 227 °C.

Einfluss hoher Schmelztemperaturen

Der Schmelzpunkt von bleifreiem Lot liegt um 20 bis 45 °C höher als der Schmelzpunkt von konventionellem eutektischem Lot. Konsequenterweise muss die Temperatur der Lötspitze höher eingestellt werden. Es ist allgemein üblich und auch akzeptabel, dass die Temperatur der Lötspitzen um ca. 100 °C höher als der Schmelzpunkt des Lotes eingestellt wird. Allerdings werden vielfach Lötspitzentemperaturen gewählt, die ca. 150 °C höher sind als die Schmelztemperatur.

Diese Unterschiede sind von der Wärmekapazität des zu lötenden Werkstückes, der jeweiligen Lötstelle und der Masse der Lötspitze abhängig. Die Lötspitzentemperaturen werden bei eutektischem Lötzinn SnPb mit ca. 340 °C gewählt und bei Sn-0,7 Cu auf ca. 370 °C eingestellt.

Löttemperaturen über 350 °C stoßen an die Grenzen für Lötoperationen. Der Verschleiß von Lötspitzen steigt rapide und der Wirkungsbereich der Flussmittel wird überschritten. Oberhalb dieser Temperaturen verkohlt das Flussmittel, die Aktivität des Flussmittels verringert sich und es kommt zur Trennung von Lot und Flussmittel.

Verkürzte Standzeit der Lötspitzen

Die Lötspitzen werden aus Kupfer, oder zur besseren Wärmeleitung auch aus Kupferlegierungen hergestellt. Die Oberfläche der Lötspitzen werden zum Schutz gegen Korrosionen beim Löten oder Oxidation durch hohe Temperaturen mit Eisen plattiert. Die Korrosionsrate steigt mit der Höhe der Temperaturen an der Lötspitze, insbesondere oberhalb von 400 °C. Diese Zunahme der Korrosion wird durch die mit der Temperatur steigende Entstehungsrate von Intermetallverbindungen zwischen Eisen und Zinn begünstigt.



Bild 6: Eine Lötstation mit hervorragender Nachregelung: Hakko 942

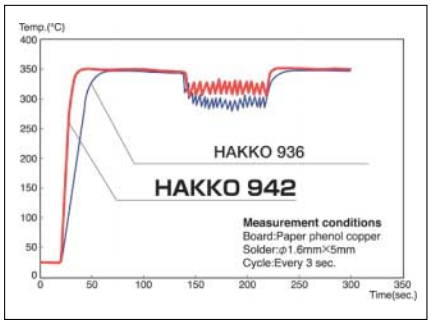


Bild 7: Die Tests wurden mit einer Phenol-Hartpapier-Platine und Lötpunkten von 1,6 mm x 5 mm sowie Lötzyklen alle 3 s durchgeführt

Bild 2 zeigt die Korrosionsrate an Lötspitzen bei der Anwendung von bleifreiem Lot. Es zeigt sich, dass Lötspitzen bei der Anwendung der untersuchten Lote Sn3.5Ag0.7Cu um den Faktor 2,8 schneller korrodieren und bei Lot Sn0.7Cu sogar 4,2 mal so schnell, verglichen mit der Korrosionsgeschwindigkeit beim Einsatz von eutektischem Lötzinn und gemessen bei 400 °C.

Die Korrosion wird durch den Einsatz von bleifreiem Lot beschleunigt. Die Ursache hierfür ist der höhere Anteil von Zinn in der Lotlegierung und Zinn reagiert leicht mit der Oberfläche der Lötspitze. Anteile von Blei Pb, Silber Ag , oder Wismut Bi können die Lötspitzen vor der Korrosion schützen. Zudem ist der Schmelzpunkt der bleifreien Lote höher und das Lot ist härter als eutektisches Lötzinn. Daher werden Lötspitzen durch den Einsatz von bleifreiem Lot offensichtlich schneller oxidiert und abgenutzt.



Bild 8: Hakko-Lötkolben mit Composit-Lötspitze

Oxidation an der Spitze der Lötspitze

Beim Löten mit den erforderlichen Temperaturen kann man beobachten, dass die Lötspitze verzundert (**Bild 3**) oder sich schwarz verfärbt (**Bild 4**) und das Lot nicht mehr haftet. Auf diese Art kommt es auch zu einem unerwünschten Wärmeübergangswiderstand zwischen dem Heizkörper und der Lötspitze, insbesondere bei sehr kleinen Kontaktzonen. Die Anzeige an der Lötstation hat mit der Temperatur an der Lötspitze fast nichts mehr zu tun.

Eine auf diese Art geschwärzte Lötspitze hat ihre Benetzbarkeit verloren und kann deshalb die zum Löten erforderliche Wärme nicht mehr auf das zu lötende Teil übertragen (**Bild 5a** und **5b**). Es ist das Lot auf der Lötspitze, das als Übertragungsmedium zwischen der Lötspitze und der Lötstelle wirkt und das die Wärme auf die Lötstelle überträgt. Wenn die Lötspitze nicht mehr ausreichend vom Lot benetzt wird, entsteht nur eine kleine Kontaktzone, über die nicht genügend Wärme übertragen werden kann.

Wenn man das schwarze Material untersucht, das sich auf der Lötspitze gebildet hat, so kann man folgende Prozesse auf der Oberfläche der Spitze unterscheiden:

- Verkohlte Bestandteile aus dem Flussmittel und aus anderen Rückständen haben sich auf der Eisenoberfläche festgefressen.
- Die Eisenschicht der Lötspitze war ungeschützt und so der Oxidation bei den hohen Temperaturen ausgesetzt.
- Das im Lot enthaltene Zinn oxidierte durch die hohen Temperaturen. ▶

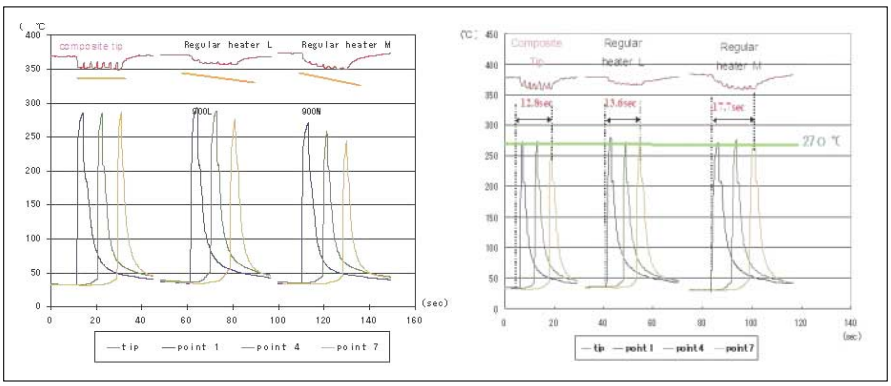


Bild 9: Temperaturverlauf an der Lötspitze: Composit (links) und Standard im Vergleich

- Die Intermetallverbindung aus Zinn und Eisen, die sich auf der Lötspitze gebildet hat, oxidierte bei den hohen Temperaturen.

Weitere Literaturstellen berichten von der Erkenntnis, das Eisen bei Temperaturen oberhalb von 350 °C sich in seiner kristallinen Struktur rapide verändert und es zu Rissen im Eisenmantel kommt.
Die Grenztemperatur für eine Lötspitze mit Eisenüberzug dürfte bei 450 °C liegen. Oberhalb von 450 °C findet eine völlige Umstrukturierung der Eisenkristalle statt, was zum Reißen des Mantels führt.
Manchmal treten diese Prozesse einzeln auf, meistens sind jedoch zwei oder mehrere Vorgänge beteiligt.
Sobald also mit bleifreiem Lot gearbeitet wird, kommt es wegen der erforderlichen erhöhten Lötspitzentemperaturen vermehrt zur Oxidation an den Lötspitzen. Außerdem führt die Zugabe von Zink (Zn), Indium(In) oder Germanium (Ge) nicht zu einer Verbesserung der problematischen Phänomene; in einigen Fällen kann dies im Gegenteil sogar zu einer Verschlechterung führen.
Vom praktischen Standpunkt aus ist es deshalb anzuraten folgende Regeln einzuhalten:

- Lasse den Lötkolben nie länger als erforderlich bei voller Temperatureinstellung und ohne Lötarbeit eingeschaltet!
- Wähle nie Temperaturen oberhalb von 400 °C!
- Löte mit Flussmitteln geringst möglicher Aktivierung!
- Wähle bleifreie Lote mit einer speziellen Legierung!



Bild 10: Hakko 375, ein Gerät zum V-förmigen Einschneiden eines Lotdrahtes

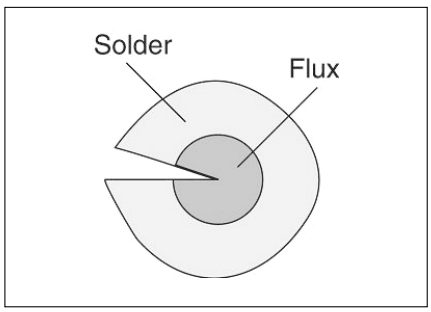


Bild 11: V-förmig eingeschnittener Lötdraht

Handhabung mit bleifreiem Lot

Wie erwähnt, treten beim Handlöten (Löten mit einem Lötkolben, um die Wärme durch direkten Kontakt zu übertragen) mit bleifreiem Lot verschiedene Probleme auf. Untersuchungen zeigen, dass das Blei eine wichtige Rolle beim Löten gespielt hat.
Genaugenommen ist zur Zeit kein alternatives Metall bekannt, das die Eigenschaften des Bleis im Lot ersetzen könnte, insbesondere in Bezug auf die Lötbarkeit (Oberflächenspannung), Viskosität, Fließeigenschaften, Oxidationsschutz (im geschmolzenen Zustand), Flexibilität, Elastizität und die Biegsamkeit des Lotes selber und nicht zuletzt den Kosten.

- Es ist deshalb dringend erforderlich, bei Handlötungen mit bleifreiem Lot, die Grundregeln für eine gute Lötstelle zu beachten, insbesondere
- das Management der Lötspitzentemperatur,
- das Management der Lötspitzenoberflächen,
- das Management der Löt-Oberflächen,
- die richtige Behandlung der Oberfläche der Leiterplatten und
- die richtige Auswahl der Oberflächen der Bauteile, die gelötet werden sollen.

So ist anzuraten immer nur Bauteile zu wählen, die vom Hersteller für den bleifreien Löt - Einsatz freigegeben wurden.

Auswahl eines geeigneten Flussmittels

Die folgenden werkzeugbezogenen Hinweise und Regeln können bei der Anwendung von bleifreiem Lot sehr hilfreich sein.

- Setze Lötkolben mit den bestmöglichen thermischen Eigenschaften ein!

Dazu gehört z.B. eine zuverlässige leistungsstarke Nachheizcharakteristik. Zur Vermeidung von thermischen Schäden an den Bauteilen und um stabile Arbeitsbedingungen zu gewährleisten, ist trotz der möglichen Anfangsprobleme, eine Temperatur im Bereich zwischen nur 350 °C und 370 °C zu bevorzugen. Das setzt allerdings den Einsatz einer Lötstation und eines Lötkolben mit ganz hervorragenden Regel- und Nachheizeigenschaften voraus, Eigenschaften die bei den Lötstationen Hakko 941, 942 (**Bild 6**) und 938 vorliegen. Die Lötspitzen dieser Hakko-Lötstationen sind als integrierte Elemente aufgebaut, bei denen der Sensor und der Heizkörper eine Einheit mit der Lötspitze bilden. Es ergibt sich daraus eine enge thermische Kopplung, die schließlich zu einer schnellen Nachregelung führt.



Bild 12: Lötstpitzenreiniung mit Hakko 599

Lötspitze mit der richtigen Form und Leistung

Es ist sehr wichtig für die jeweilige Lötaufgabe eine Lötspitze mit der am besten geeigneten Form zu wählen. Wenn also die Möglichkeit besteht aus einer Vielzahl von Lötspitzen-Größen und -Formen zu wählen, kann bei der richtigen Wahl die Löttemperatur gesenkt werden und die Qualität der Lötstelle verbessert werden.

Besondere Beachtung muss auf die Lötung verwendet werden, wenn wie üblich eine sehr feine Lötspitze gewählt wird; in den feinen Lötspitzen ist weniger Kupfer als Wärmespeicher enthalten, als in den massereicheren Lötspitzen, außerdem ist durch die geringe Berührungsfläche, die Übertragung der erforderlichen Wärme auf die Lötstelle, erschwert.

Wenn tatsächlich, wie üblich nur die Lötspitze auf dem Heizkörper eines Lötkolbens auswechselbar ist, kann es zu Ungenauigkeiten in der Prozesssicherheit kommen. Die Wärmeübergangswiderstände sind dann stets sehr unterschiedlich und damit werden alle Parameter des Lötprozesses unsicher und das Resultat ist ungewiss.

Bei dem System der integrierten Lötspitzen, bilden Heizkörper und Lötspitze und Temperaturfühler eine untrennbare Einheit. Die Lötkolben der Hakko-941- und -942-Lötstationen (**Bild 8**) sind mit integrierten Lötspitzen ausgerüstet und durch die koaxialen Anschlüsse sind diese Lötspitzen auch sehr einfach sicher und schnell auswechselbar. Eine hohe Prozesssicherheit ist auch bei häufigem Lötspitzenwechsel gewährleistet.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang aber auch, dass der äußere Anschein einer integrierten Lötspitze durchaus trügen kann und der innere, unstabile Aufbau durchaus die Ursache für Langzeitfehler oder andere mechanisch bedingte Ungenauigkeiten sein kann.

Mit einer Composit-Lötspitze wurde der Temperaturverlauf an der Lötspitze verglichen mit der Temperaturentwicklung an einer Lötspitze herkömmlicher Bauart (**Bild 9**).

Flussmittel wirkungsvoll einsetzen

Wenn mit einem Lötkolben und Lot mit einer Flussmittelseele gearbeitet wird, so

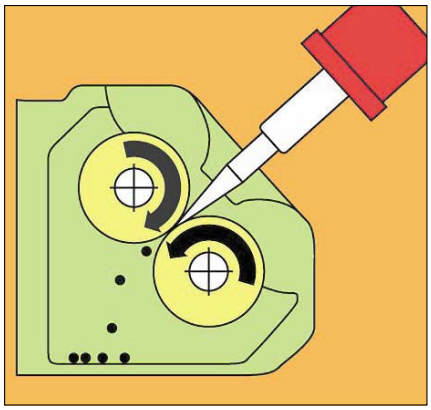


Bild 13: Hakko-Clean-o-point



Bild 14: Ringdüse, Austrittstelle für den Stickstoff

wird die Temperatur des Lotes sehr schnell von Zimmertemperatur auf die Temperatur der Lötspitze erhöht; häufig spritzen dadurch Flussmittel und Lot auseinander. Bei der Arbeit mit bleifreiem Lot mit einem hohen Schmelzpunkt tritt der Effekt der Vereinzelung noch deutlicher auf und das Flussmittel tendiert dabei zur Verkohlung. Dies wiederum führt zu einer Verminderung der erwarteten Aktivierung durch das Flussmittel.

Abhilfe kann in dieser Situation (**Bild 10**) ein V-förmiger Einschnitt in den Lötdraht (**Bild 11**) bewirken. Das Flussmittel wird durch diese Maßnahme effektiver genutzt und das Auseinanderspritzen wird reduziert. Zählt man die Anzahl der Lotkugeln und Flussmittelspritzer, die bei unterschiedlichen Löttemperaturen aufgetreten sind, so ist das Ergebnis ohne die Vorbehandlung des Lotes erschreckend hoch und kann an jedem



Bild 15: Lötstation Hakko 942 mit der Lötkolben 956

Hand- oder Automaten-Lötplatz nachvollzogen werden. Genauso verblüffend ist die Reduzierung bei gleichem Test, mit geschlitztem Lot.

Behandle die Lötspitzen gut

Sobald mit bleifreiem Lot gearbeitet wird, sind die Lötspitzen auch für einen längeren Zeitraum hohen Temperaturen ausgesetzt, dabei kommt es zu Oxidationen auf der Oberfläche und Verkrustungen, die bis zur Unbrauchbarkeit führen können. Zur Minderung dieser Einflüsse empfehlen sich folgende Wartungsschritte:

- Wähle eine möglichst niedrige Löttemperatur!
- Verzinne nach jedem Arbeitsgang und vor der Ablage in den Lötkolbenhalter die Lötspitze mit frischem Lot.
- Schalte die Lötstation in jeder Pause, die länger als ein paar Minuten dauert, ab! Sobald die Lötspitze oxidiert oder schwarz ist, und selbst frisches Lot nicht mehr annimmt, entferne die Schicht mit Stahlwolle (**Bild 12**) oder feinem Schmirgelpapier (#800 oder #1200) und verzinne die Lötspitze sofort wieder mit frischem Lot!
- Vor jedem neuen Arbeitsgang sollte das alte Lot abgestreift werden!

Dabei hilft das Lötspitzen-Reinigungsgerät Clean-o-point (**Bild 13**) mit nur handfeuchten Schwämmen, oder das völlig trocken arbeitende Hakko 599-Lötspitzenreinigungssystem, um dann mit frischem Lot weiter zu löten.

Stickstoff umspülte Lötspitzen

Mit dem Erfahrungsvorsprung im Umgang mit bleifreiem Lot, stellt Hakko eine weitere und neue Lösung zur Bearbeitung von Hand-Lötstellen mit bleifreiem Lot vor. Beim Einsatz dieser bleifreien Lote liegt die erforderliche Löttemperatur um 20 bis 45 °C höher als bisher erforderlich. Durch die erhöhten Temperaturen finden Verbindungen mit Sauerstoff, also Oxidationen an der Lötspitze auf der Lötstelle und im Lot, sehr viel intensiver statt. Zusätzlich wird eine geringere Neigung dieser Lote bei der Benetzung der Lötstellen mit Lot beobachtet.

Lösungen für diese Probleme sind durch den Einsatz von Schutzgasen bei unter- ▶

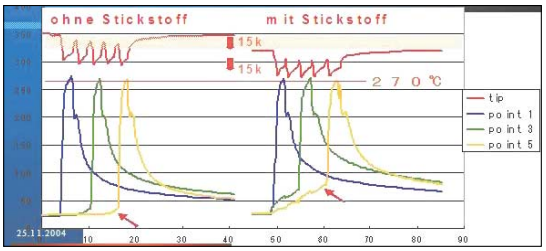


Bild 16: Vergleich der entstehenden Temperaturen von fünf gleichartigen Lötstellen an der Lötspitze

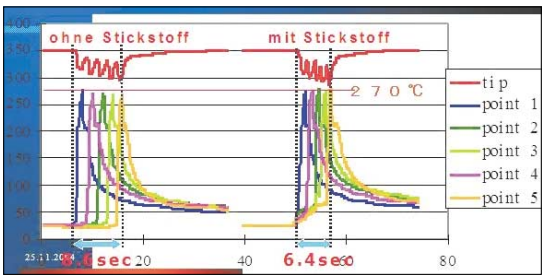


Bild 17: Die Wirkungsweise des Vorwärmens

schiedlichen Wellen- und Tunnel- Lötanlagen bekannt und haben sich bewährt. Die Anwendung dieser Erfahrung für Handlötgeräte ist Hakko jetzt gelungen.

Innerhalb der neuartigen Lötkolben wird als Schutzgas ein Strom von Stickstoff über den Heizkörper geleitet. Das erwärmte Gas tritt durch eine Düse ringförmig an der Lötspitze aus und erwärmt so die Lötstelle vorab (**Bild 14**).

Gleichzeitig wird aber dadurch auch der Zutritt von Sauerstoff, der ja die Oxidation auf der Lötspitze und auf der Lötstelle verursacht, verhindert. Wird dieses System bei der Anwendung von „traditionellem“ Lot eingesetzt, so trägt dies natürlich zur weiteren Verbesserung der heute schon hervorragenden Standzeiten der Lötspitzen bei. Zusätzlich empfiehlt sich der Einsatz des Durchflussmessgerätes Hakko 955B (**Bild 15**), in dem sich auch der Druckminderer und ein Einstellventil befindet.

Ein interessantes Experiment

In einem Experiment mit fünf gleichartigen Lötstellen wurde die Lötspitzentemperatur um 30 K abgesenkt. Die Lötergebnisse zeigten das Erreichen der 270 °C an der Lötstelle bei gleichem Zeittakt. Mit niedrigeren Temperaturen an der Lötspitze wird also eine wesentliche Verlängerung der Standzeit zurückgewonnen (**Bild 16**).

Wird die Zeit gemessen, die erforderlich ist bis an fünf gleichartigen Lötstellen, der vorgegebene Wert 270 ° C, erreicht wurde, so ist durch den Einsatz des heißen Stickstoff ein Zeitvorteil von fast 25 % zu erzielen (**Bild 17**).

Zusammenfassung

Es ist anzunehmen, dass die unterschiedlichsten Lötkolben und Reworksysteme auf dem Markt weiterentwickelt werden, um auch die Probleme der bleifreien Lötungen zu beherrschen. Es ist jedoch auch anzunehmen, dass keines der Lötsysteme die Probleme, die beim bleifreien Löten auftreten, völlig aus der Welt schaffen wird. Um so wichtiger ist es für den Anwender, Eigenschaften der Legierungen und der Lote zu kennen und zu verstehen. Bei dem Versuch bleifreies Lot in der gleichen Weise zu verwenden wie es beim eutektischen Pb-Sn möglich war, werden unweigerlich die in diesem Report geschilderten Probleme auftreten. Der Lötkolben wird unbrauchbar und fehlerhafte Lötstellen werden die Folge sein.

Nichtsdestoweniger ist man bei Hakko und seinem Vertriebspartner Kullik fest davon überzeugt, dass auch mit bleifreiem Lot gute und zuverlässige Handlötungen möglich sind,

- wenn die Eigenschaften des bleifreien Lotes verstanden wurden,
- wenn die fundamentalen Lötregeln streng eingehalten werden und
- wenn die Lötspitzen in einer angemessenen Weise gewartet und gepflegt werden.

Kullik / Hakko Kennziffer 433
www.kullik.com