

# 电装焊接中的“去金”问题及措施

成 钢

(兰州空间技术物理研究所,兰州 730000)

**文 摘** 通过对电子产品的装联中镀金引线表面产生“金脆”的机理和过程的分析,对“去金”问题以及对可靠性的影响进行了探讨。结合航天产品的相关工艺规范的要求,提出了具体的“去金”工艺措施,并进行了工艺方法的探讨。结果表明,元器件去金提高了焊点的可靠性,但对于元器件引线的“去金”问题应慎重对待。

**关键词** 去金,元器件,焊接,工艺

## Problem and Measure of Degolding in Components Soldering

Cheng Gang

(Lanzhou Institute of Physics, Lanzhou 730000)

**Abstract** This paper analyzes the mechanism and course of “Au-brittle” in the soldering in assemblies and discusses “degolding” and reliability influence of Au-Sn alloy. Linking with the correlation process requirements for products of spacecraft, some idiographic measure of “degolding” is put forward and discussed. The reliability of components soldering should be increased by degolding, but must carefulness in process.

**Key words** De-golding, Component, Soldering, Process

### 0 引言

元器件在印制电路板上的安装一般采用“软钎焊”工艺。按照航天相关电装标准,焊料一般局限于 Sn63Pb37、Sn60Pb40、Sn62Pb36Ag2 等几种含铅的共晶焊料,以缩短焊料从液态转变为固态的时间,改善焊料的金相组织,减少“晶须”的发生<sup>[1]</sup>。

金由于其具有优越的化学稳定性,不易氧化、焊接性好、耐磨、导电性好、接触电阻小等优点,在电子行业被普遍应用。目前在电子行业根据不同的要求与应用场合有三种类型镀金。一是镀硬金,厚度应 $>0.5\ \mu\text{m}$ ,用在反复使用插拔的金手指镀金,金层不仅要求耐磨,且有较高的厚度;二是焊接用镀金,PCB 板一般在镍表面镀金,焊接的实质是在镍表面进行,金层是为了保护新鲜镍表面(不被氧化)的,所以金层在保证镍表面不氧化的条件下,金层应越薄越好,在焊接过程中很薄的金层迅速融入焊料中,也叫镀(软金)“水金”,镀金的厚度是很薄的,大多数控制在

$0.05\ \mu\text{m}$  左右;三是金属丝焊接用镀金,由于金属丝(金丝或 Al 丝等)是直接焊接在金层上的。因此,要求有较厚的金层,一般金层厚度应在  $0.5\ \mu\text{m}$  左右<sup>[2]</sup>。

为了防止电路板以及元器件引线的氧化问题,提高焊接性能,大量使用了镀金的 PCB 板和元器件引线。但在 20 世纪 80 年代,在某产品故障分析中,提出了“金脆”机理问题,后经过相关部门失效机理分析中心的科学检测,发现正是由于镀金引线没有除金,焊接后形成金锡合金,焊点产生金脆现象而造成产品故障。该现象引起了人们的重视,随后在航天系统内部提出镀金引线在焊接前要进行搪锡处理问题。近年来,关于去金问题在航天以及其他军工产品等需要高可靠焊接的产品上被越来越多的提出来。

另一方面,同样是金锡合金,AuSn20 焊料有较优良的热导性和较高的熔点,同时具有较高的抗热疲劳性能,因此,金基焊料是性能优良的微电子器件封装

收稿日期:2012-02-28

作者简介:成钢,1967 年出生,高级工程师,主要从事航天电子产品电装工艺研究。E-mail:chenggang670108@sohu.com

用材料,可用于芯片与电路基材的连接及多种高可靠电路气密封装<sup>[3]</sup>。

## 1 “金脆”的机理分析

在钎焊焊接时,金属焊料受热熔融并与被焊接的材料表面充分接触,金属原子相互扩散。温度越高扩散深度也越大,在晶格点阵中呈热振动状态的金属原子,会从一个晶格点阵自动地转移扩散到其他晶格点阵,正是由于这种扩散作用,形成了焊料和焊件之间的牢固结合,生成金属间化合物的合金。待冷却后形成了一个金属整体,锡焊过程即完成。

锡与其他金属较铅富有亲附性,在较低温度下就可以构成金属化合物。在焊接时,金与铅锡焊料的相容性非常好,金在熔融状态的锡铅合金中属于一种可熔金属,而且溶解速率很快,几种常见材料在锡铅焊料中的溶解情况见图1<sup>[4]</sup>。可以看出,金在锡铅焊料中的溶解优于银、铜、铂和镍。在200℃开始溶解,溶解率增长很快呈非线性关系。因此,在焊接过程中,最先溶解到焊料中的是金,形成金锡合金。随着溶解量的变化会形成不同的合金晶体。因此,在焊接过程中,最先溶解到焊料中的也是金,形成金锡合金。随着溶解量和温度的变化会形成不同的合金晶体。由于金在焊料中的溶解率随温度变化的特性,在较高温度下,6~7 ms内,Au的溶解和Au-Sn化合物形成过程就可以结束<sup>[5]</sup>。

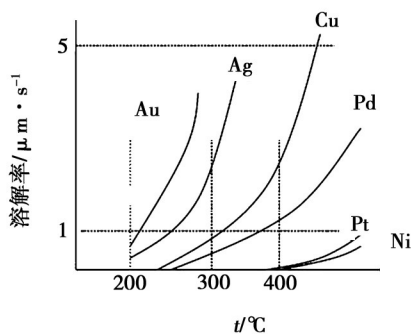


图1 在熔融的Sn63Pb37焊料中的溶解率

Fig.1 Dissolution rates in molten Sn63Pb37

从20世纪70年代开始,随着半导体、微电子工业的发展,人们采用更加先进的手段对Au-Sn薄膜扩散问题,进行了深入研究。从Au-Sn二元合金相图中可以看到,在室温范围内,Au-Sn扩散中至多可能出现的中间相依次为: $\beta$ (Au<sub>10</sub>Sn), $\zeta$ , $\zeta'$ (Au<sub>5</sub>Sn), $\delta$ (AuSn), $\varepsilon$ (AuSn<sub>2</sub>), $\eta$ (AuSn<sub>4</sub>),在Sn原子比大于

80%时,以 $\eta$ (AuSn<sub>4</sub>)相为主,达到99.8%~100%,可生成部分 $\beta$ Sn。从扩散动力学角度解释其原因首先是Au在Sn中通过间隙扩散机制进行快速扩散,其次AuSn<sub>4</sub>结构与Sn晶格较接近,只是Au处于间隙位置同时产生了一定的缺陷,发生Sn→AuSn<sub>4</sub>相变的阻力较小,所以AuSn<sub>4</sub>相的形核与长大,可以十分容易和快速的发生<sup>[6]</sup>。研究表明<sup>[4]</sup>,不同扩散温度下,AuSn<sub>4</sub>相生长厚度 $\delta$ 与时间 $t$ 有关。发现对于AuSn<sub>4</sub>相的生长过程,主要被Au进入Sn的晶界扩散所控制,会出现层状或羽状生长<sup>[5]</sup>。

Au-Sn化合物的维氏硬度高达750,仅次于玻璃。从晶体结构和实测性能数据可以看出,Au-Sn化合物的硬脆性较高,合金焊点的承载能力非常有限。

在直接焊接金镀层时,生成的金锡合金层非常薄,必然带来结合部的性能变脆,力学强度下降,产生“金脆”现象,影响电气连接的可靠性。

在手工焊、波峰焊和再流焊等焊接过程中焊点中混入杂质金属金后,由于焊点合金中的Au分布很难均匀,一般认为<sup>[7]</sup>,在这种Au-Sn化合物中,当金的含量达到3%时就会明显地表现出脆性,表面上焊点形成很好,但在焊接形成的合金中,往往会埋下隐患。“金脆”对某些高可靠性的产品是个杀手,通常伴有加速度的振动条件最为恶劣,其次是冷热温差大的启动环境,另外同样的金层厚度,焊点体积大小决定金脆发生的特性和表现。

## 2 工艺标准要求

对于电子装联中的元器件焊接,铅锡焊料是必须用到的(在高可靠焊接中,规定必须用铅锡合金焊料),特别是在航天等军工行业的电子生产研制中,为防止金脆,镀金的引线(导线)和接线端子必须经过搪锡处理。对镀金表面的处理问题已经明确提出,并作为禁(限)用工艺项目重点关注。

经常使用到的国内外的军工行业标准有关镀金表面去金的要求见表1。

美军标MIL-STD-2000标准关于去金的要求提出较早,QJ3012-98的条款就是参照MIL-STD-2000标准提出的。在ECSS-Q-70-18A还给出了具体的去金搪锡温度250~280℃,浸锡温度210~260℃。在IPC/EIA J-STD-001E中对镀金器件的搪锡要求时给出了元器件进行两次搪锡或流动焊料搪锡的方法。

表1 标准中的工艺要求<sup>[8-13]</sup>

Tab.1 Process requirements in standards

标准代号	章节号	标准内容
QJ3012—98	4.3.6	一般情况下,不允许在金镀层上直接进行焊接,引线表面金镀层大于 $2.5\mu\text{m}$ 需经过两次搪锡处理,小于 $2.5\mu\text{m}$ 应进行一次搪锡处理。
QJ3011—98	5.1.3	对镀金的元器件应经搪锡处理(高频器件、微波器件除外)。
QJ3117—99	5.1.3	镀金的导线芯线、元器件引线和各种接线端子的焊接部位,需经搪锡处理后才能进行焊接。
IPC/EIA J—STD—001E	3.9.3	如果在审核时有证据证明金没有导致与焊接加工有关的焊料变脆问题的存在,那么这些要求可以免除。并且规定大于 $2.5\mu\text{m}$ 的镀金表面去金,去金面积应大于95%。
ECSS—Q—ST—70—08C	6.8.2	镀金导体不允许直接焊接。
ECSS—Q—70—18A	8.2	电连接器的焊杯也必须除金和搪锡,焊杯内镀锡后用吸锡绳吸除。
MIL—STD—2000A	5.3.1.3	除表面安装元器件外,应从镀层为 $2.5\mu\text{m}$ 或更厚的元器件被焊表面将金层除去,对于表面安装元器件,至少应将95%的总镀金表面的金层除去,同时在元器件被焊表面不应再有金层。

### 3 工艺措施

焊点中的 Au-Sn 合金对焊点的可靠性的影响在业界逐渐得到共识,但是焊接前对于镀金表面的处理问题方面争议较多。一般认为,镀金厚度在 $1.27\mu\text{m}$ 时,能在 $2\text{s}$ 内溶于低熔点的锡-铅焊料中<sup>[7]</sup>,从 Au 在锡铅焊料中的熔解曲线也可以看出;当镀金厚度 $>1.27\mu\text{m}$ 时,有足够的金元素向焊料中扩散而产生脆性。

对于 PCB 板的焊盘镀金问题,为了减少 Cu-Au 合金的危害,PCB 板的镀金层下面一般是镀镍阻挡层。但 SMT 工艺中,Ni 金板金镀层以及一些元器件的金镀层都非常薄,一般为 $0.05\sim 0.125\mu\text{m}$ 。化学镀镍层厚度为 $3\sim 6\mu\text{m}$ 。(一般只有在高频的微带板上或作为接触连接的金手指采用电镀厚金工艺,约 $2\mu\text{m}$ 左右。)薄的镀金层能在焊接时迅速熔于焊料中,此时焊料中的锡与镍层形成锡镍共价化合物,使焊点更牢固,少量的金熔于锡中不会引起焊点变脆,金层起保护镍层不被氧化的作用。镍作为铜和金之间的隔离层,防止盘层的孔隙在受潮湿时与铜层形成微电池而腐蚀铜。一般认为,少量的金不至于引起金脆,

所以对表贴器件一般不采取去金措施。

采用双波峰焊工艺进行元器件的焊装时,前一波峰可以起到去金的作用,后一波峰进行最后的焊接,因此可以不做专门的去金搪锡工序,但对锡槽中的焊料的成分要进行控制,以防止焊料中的金含量或其他杂质含量超标。

对于元器件的引线而言,常使用的去金方法如下。

用烙铁手工搪锡去金。搪锡温度应高于普通镀铅锡的元器件的搪锡温度,一般为 $260\sim 280^\circ\text{C}$ ,时间 $2\sim 3\text{s}$ ;然后再用吸锡绳加热后吸除表面的搪锡层。若表面镀金层厚度大于 $2.5\mu\text{m}$ ,应再进行一次搪锡处理。该方法也适用于电连接器焊杯去金处理。

浸锡法去金处理。采用双锡锅或流动的焊料熔液进行,一个搪锡锅用于去金,另一个用于第二次搪锡,锡锅温度的设定可略小于手工烙铁搪锡。该方法适用于分立插装元器件,包括多引脚的 IC 等,在操作时,应用纱布对器件在引线根部做保护,防止受热和焊料沿着引线的爬升。小型的波峰焊返修设备也可用于分立插装元器件的去金处理。

再流焊去金。再流焊工艺去金实际上是针对表面贴装元器件的端电极(引线)采取的不得已的方法,由于高可靠元器件全部采用陶瓷封装,元器件的搪锡和焊接过程必须采用逐步升温的办法。采用工艺电路板先将需要去金的元器件按照回流焊设定的温升曲线进行焊接,降温前将工艺板上的元器件取下采用吸锡枪(或吸锡绳)吸除表面焊料,然后自然冷却。该过程也可在温度可控的加热板上进行,条件允许的话也可采用返修工作站进行搪锡处理<sup>[14]</sup>。

操作时,搪锡去金的温度和时间是主要工艺参数要进行严格控制,以免对元器件造成损坏。

实际上,对于一次搪锡后的效果做量化分析检测成本太高。因此,为了达到去金效果,对于插装元器件而言,一般可以直接进行二次搪锡。

从操作上而言,搪锡去金工艺对于插装元器件、导线和各种接线端子容易实现。但对于表面贴装元器件(如 LCC、SOIC、SOP、QFP 等),由于其引线间距窄而薄,容易变形;而且对于高可靠的元器件都采用陶瓷本体,陶瓷在热冲击下更容易产生裂纹,因此,搪锡去金处理十分困难。特别是 PCB 上使用的电连接器,它们的接触偶大多是镀金的,在要求去金时,必须考虑它们的绝缘材料耐温问题;焊剂、焊料在焊接时产生的芯吸现象,极易渗入引脚内部的问题;另外接触偶密度也越来越高,不仅是操作困难的问题,带来的隐形质量风险更大。

#### 4 结论

在电子装联中,PCB 板和电子元器件引脚镀金是电装中常遇到的。焊接过程中形成的 AuSn 合金会降低焊点的强度。镀金层除与不除、如何去是工艺工作中常遇到的事情。因为去金时的温度冲击会对元器件的可靠性带来风险,必须针对具体的镀金对象来选择安全可靠的除金工艺,特别是针对表面贴装器件的去金更要慎重对待,首先必须了解元器件引线镀

金层的状况,具体问题具体分析对待。

#### 参考文献

- [1] 成钢. PCB 焊接中的温度问题探讨[J]. 电子工艺技术,2011(4):222-223
- [2] 林金堵. PCB 的无铅化表面涂(镀)覆层[C]//2006 中日电子电路秋季大会国际 PCB 技术/信息论坛论文集,2006:290
- [3] 周涛,等. 锡焊料及其在微电子封装中的应用[J]. 电子与封装,2005(8):8
- [4] Bader W G. Dissolution of Au, Ag, Pd, Cu and Ni in a molten tin-lead solder[J]. Weld J. Res. (Suppl), 1962, 28(12): 551-557
- [5] 陈松,等. Au/Sn 界面互扩散特征[J]. 稀有金属, 2005(8):413-414
- [6] Nakahara S, McCoy R J. Interfacial void structure of Au/Sn/Almetallization on Ga<sub>2</sub>Al<sub>2</sub>As light-emitting diodes [J]. Thin Solid Films, 1980, 72: 457
- [7] 李晓麟. 试论电子装联禁(限)用工艺的应用[C]//2009 中国高端 SMT 学术会议论文集,2009:112-115
- [8] 航天电子电气产品手工焊接工艺技术要求[S]. QJ3012-99,国防科学技术工业委员会,1999
- [9] 航天电子电气产品手工焊接工艺技术要求[S]. QJ3117-99,国防科学技术工业委员会,1999
- [10] IPC J-STD-001 E. Requirements for soldered electrical and electronic assemblies. 2008,IPC
- [11] ECSS-Q-ST-70-08C. Manual soldering of high-reliability electrical connections. 2009
- [12] ECSS-Q-70-18A. Preparation, assembly and mounting of RF coaxial cables. 2001
- [13] MIL-STD-2000A. Standard requirements for soldered electrical and electronic assemblies. FEBRUARY 1991
- [14] 王继林,白磊,李珍珍,等. 无引线镀金表面贴装器件搪锡技术[J]. 航天制造技术,2011(5):34

(编辑 任涛)