

选择性波峰焊工艺技术研究

严贵生 杨淑娟 王修利 丁颖 张彦召

(北京控制工程研究所, 北京 100190)



摘要: 阐述了选择性波峰焊技术的特点, 并研究了选择性波峰焊的主要工艺参数。选择了试验板进行焊接, 通过优化焊接工艺参数, 可以有效避免焊点桥连、拉尖等缺陷的产生, 对焊点进行 X-Ray 检查和金相分析, 焊点透锡良好, 微观组织均匀。

关键词: 选择性波峰焊; 工艺参数; X-Ray; 金相

Research of Selective Wave Soldering Process Technology

Yan Guisheng Yang Shujuan Wang Xiuli Ding Ying Zhang Yanzhao

(Beijing Institute of Control Engineering, Beijing 100190)

Abstract: This article describes the characteristic of selective wave soldering process and studies the main process parameters. The soldering defects such as bridges and sharps can be avoided by optimizing the process parameters. The solder joints of the experimented printed board are inspected by X-Ray and microsection. The result shows that the solder filled in the hole, and the solder fillet is formed on the both sides of the PCB. The microstructure of the solder joints is uniform.

Key words: selective wave soldering; process parameters; X-Ray; metallographic analysis

1 引言

随着电子业的高速发展, 电子组装技术已日趋多元化, 电子元器件逐步小型化、SMD 化, 但是在军工电子产品领域, 为保证产品的可靠性仍需大量采用高强度的通孔插装元器件, 因此多数印制板为混合装联板, 即印制板上既有表面贴装元器件又有通孔插装元器件。通常表贴元器件采用回流焊接, 通孔插装元器件采用波峰焊或手工焊。对于单面只有通孔插装元器件或只有贴装器件的混合装联印制板, 通孔插装元器件可采用波峰焊接; 而对于在同一面上同时存在表贴元器件和通孔插装元器件的印制板, 通孔插装元器件只能采用手工焊接。

由于军用电子产品在十分恶劣的环境条件下工作, 因此对电子产品的焊点可靠性要求极高, 焊点通孔透锡率必须达 100%^[1]。随着印制板层数的不断增加

及元器件焊点大面积覆铜层的增加, 采用手工焊接方法很难满足焊点通孔透锡率的要求。另外, 手工焊接具有其固有局限性, 焊接速度慢, 生产效率低; 焊点质量受人为因素影响较大, 过于依赖操作者的工作技巧和熟练程度, 焊点质量一致性差、重复性差。

2 选择性波峰焊技术的特点

选择性波峰焊是一种特殊的波峰焊接方法, 它是通过使用微小的喷嘴, 形成直径为几毫米的柱状波或小的矩形波, 对单点或局部区域实现逐点焊接的过程^[2], 如图 1 所示。选择性波峰焊能够根据焊点的不同情况, 对焊接工艺参数进行个性化设置, 对每个焊点质量进行精确控制, 使每个焊点的焊接效果达到最佳; 同类元件或相似焊盘尺寸的焊接部位, 可设置同样参数进行焊接。如果同样产品焊接第二块板时, 能够直接调

作者简介: 严贵生 (1978-), 高级工程师, 机械电子工程专业; 研究方向: 电子装联设备与工艺技术研究。

收稿日期: 2014-04-10

用先前存储过的焊接程序进行焊接，省去编程时间。



图1 选择性波峰焊逐点焊接示意图

在进行多层板（尤其内层有地层的时候）或大热容量器件的焊接时，要求在元件面形成良好的焊点。选择性波峰焊技术具有焊锡热容量大、焊锡温度稳定、整板预热、锡柱有一定的上升力等特点，从而提高焊料填充高度，在元件面形成良好的焊点。与手工焊接相比，具有生产效率高、焊点一致性好、焊接质量好、可靠性高等优点。

3 选择性波峰焊工艺参数研究

本文主要针对选择性波峰焊技术的工艺参数进行研究，确保通孔元器件的焊点质量，避免焊点拉尖、桥连、气孔、裂纹等缺陷的产生。选择性波峰焊需要根据印制板上不同元器件类型（封装形式、封装材料等）、引脚覆铜宽度及连接方式选择不同的工艺参数进行焊接。本试验所采用的设备为单喷嘴型选择性波峰焊，且喷嘴处有氮气保护系统，预热系统为顶部红外预热系统，助焊剂喷涂为喷雾式，设备整体结构如图2所示。选择性波峰焊的主要工艺参数研究包括：焊接方式、拖焊速度、浸焊时间、锡锅温度、氮气加热温度、喷嘴型号、预热温度及时间、助焊剂喷涂速度及时间等^[3, 4]。



图2 选择性波峰焊整体结构图

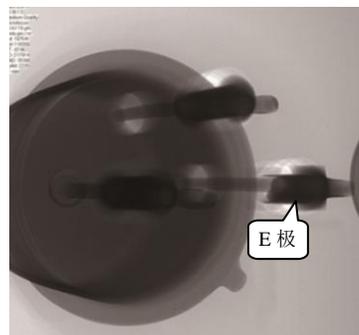
3.1 焊接方式

选择性波峰焊的主要焊接方式为拖焊和浸焊。一般情况下优先选用拖焊方式，因为拖焊时，喷出熔融焊锡的喷嘴对相邻引脚能够起到一定的预热作用；另外拖焊时喷嘴是匀速的水平运动，而非上下运动，能够有效避免焊点拉尖缺陷的产生，从而保证焊点的质量；一般设定拖焊速度为 2~5mm/s；与浸焊方式相比，拖焊的焊接效率更高。

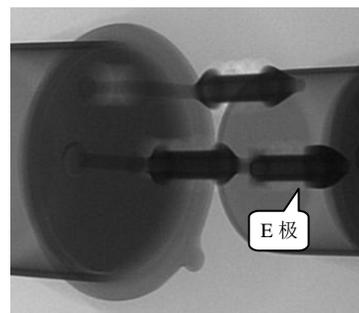
但对于元器件间安全距离较小，或引脚数量较少且距离较远的元器件，可采用浸焊方式进行焊接。另外，对于整排元器件引脚中间个别引脚含有覆铜层的难透锡焊点，可采用浸焊方式焊接，根据具体引脚位置设定浸焊时间，浸焊时间一般为 1~5s。

3.2 锡锅温度

锡锅温度即锡锅中熔融焊锡的设定温度，当锡锅中的焊锡通过泵从喷嘴中喷出时，焊锡温度有一定的损失，一般喷嘴处喷出的熔融焊锡较锡锅中的温度低 10℃左右。对于 Sn63Pb37 共晶焊料，一般可设定锡锅温度为 280~300℃。具体根据印制板的层数、覆铜宽度及元器件类型选择锡锅温度。



a 采用 280℃ 锡锅温度



b 采用 300℃ 锡锅温度

图3 采用不同锡锅温度焊接的三极管 X-Ray 照片

锡锅温度不足，容易产生焊点透锡不良、拉尖等缺陷。对于同一金属封装三极管器件，E 引脚覆铜宽

度为 120mil，其他引脚无覆铜。焊接时采用不同的锡锅温度，分别为 280℃、300℃，其他工艺参数相同，焊接后的 X-Ray 照片分别如图 3a、图 3b 所示。由图可看出，采用 280℃焊接的三极管 E 管脚为完全透锡，而另外两个无覆铜的引脚，透锡良好。采用 300℃焊接的三极管所有管脚均透锡达 100%。说明需要根据引脚覆铜宽度的不同，选择不同的焊接温度进行焊接。对于大面积覆铜的引脚，为保证焊点质量，需适当提高锡锅温度。

3.3 喷嘴型号

选择性波峰焊设备可根据用户需求配备不同型号的喷嘴。喷嘴型号是由喷嘴的内径尺寸决定的，喷嘴内径尺寸直接决定了喷出焊锡的直径，从而决定了焊接区域的大小。焊接时，根据待焊元器件焊盘与相邻元器件焊盘的安全距离，尽量选择直径大的喷嘴进行焊接。因为，直径较大的喷嘴，热容量较大，焊锡形成的柱状波稳定性高，且产生的锡渣等多余物不会堵塞喷嘴内壁，保证焊锡顺畅的流动，避免焊点拉尖、桥连等缺陷的产生。

3.4 氮气加热温度

氮气加热系统的主要作用是保证喷嘴处焊锡的温度，并保证锡柱的稳定性，避免焊锡飞溅，另外可以有效减少锡渣的产生，避免焊点产生桥连、拉尖等缺陷。选择性波峰焊设备的氮气加热系统示意图如图 4 所示。一般氮气加热温度设定为锡锅温度±10℃，当锡锅中锡渣或助焊剂残留物较多时，可根据情况提高氮气加热温度。

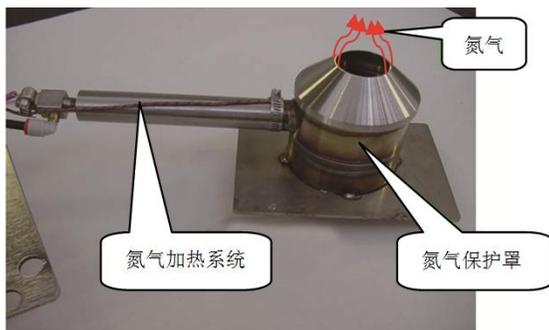


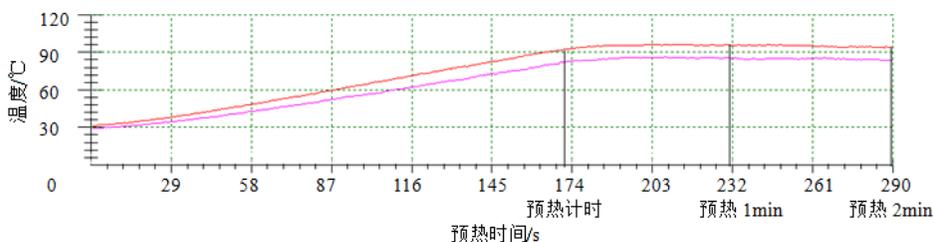
图 4 选择性波峰焊氮气加热系统示意图

3.5 预热温度及时间

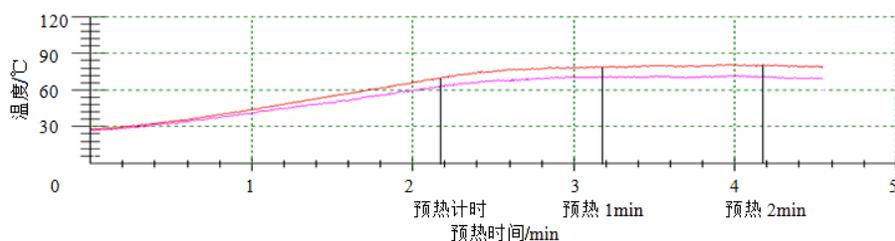
预热系统为红外预热系统，一般根据印制板的层数、覆铜宽度及元器件类型、助焊剂喷涂量选择预热温度及时间。焊接前可选择一块试验板安装在固定夹具上，设定一定的预热温度及时间，用热电偶（温度记录仪）测量 PCB 板表面温度（一般 85~100℃），如不能达到预期温度，可根据实际情况适当提高预热温度及预热时间。本试验通过设定不同的预热温度及预热时间（实际温度达到设定温度后停留的时间），在印制板不同区域进行温度检测，具体试验结果如表 1 所示，实测预热温度曲线如图 5 所示。

表 1 预热温度测试结果

| 设置温度/℃ | 预热时间/min | 实测温度（上表面）/℃ | |
|--------|----------|-------------|-----|
| | | 板中间 | 板边缘 |
| 120 | 2 | 80 | 70 |
| 140 | 2 | 96 | 86 |



a 预热温度设定为 120℃，预热 2min 的实测温度曲线



b 预热温度设定为 140℃，预热 2min 的实测温度曲线

图 5 预热温度测试结果

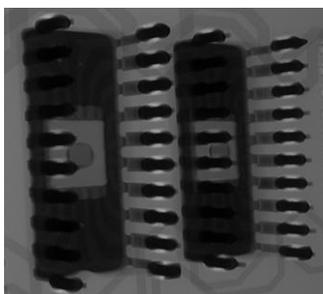
3.6 助焊剂喷涂

选择性波峰焊助焊剂涂覆方式有喷雾法和发泡法，本工艺研究所用设备的助焊剂涂覆方式为喷雾法。喷雾法具有均匀性好、助焊剂涂覆量可控、稳定性和可重复性高等优点。喷雾法的工作原理是：液态助焊剂通过气压传送到喷嘴处，其在高压及喷嘴特殊结构的共同作用下形成喷雾并喷射到印制板上，助焊剂在印制板上的喷涂位置、喷涂方式、喷涂速度等是通过编程实现的。

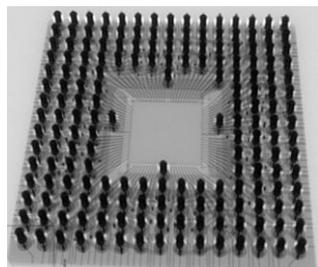
在选择性焊接中，焊接加热与焊接结束时，助焊剂应有足够的活性防止桥接的产生并防止 PCB 焊盘的氧化。因此，需要根据不同的助焊剂喷涂量所产生的焊点质量及助焊剂残留量，确定最佳助焊剂涂布量，如助焊剂喷涂量较少，易产生拉尖、桥连等缺陷。

助焊剂喷涂可选择点喷方式和拖喷方式（同焊接方式），一般优先选用拖喷方式。助焊剂拖喷时速度一般为 10~25mm/s；点喷时间一般为 0.5~2s。

4 试验结果



a DIP 器件焊接后 X-RAY 照片



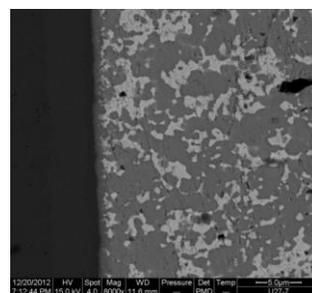
b PGA 器件焊接后 X-RAY 照片

图 6 选择性波峰焊后 X-RAY 照片

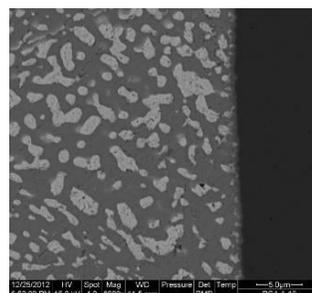
本试验选择了 8 层板的印制板，不同元器件的覆铜宽度为 40~160mil。元器件种类有金属封装三极管、金属封装晶振、陶瓷封装 PGA 组件、电连接器、陶瓷封装 DIP 器件等。通过优化工艺参数，焊接了上述种类元器件，焊接后焊点未出现桥连、拉尖等缺陷，

对焊点进行 X-Ray 检验，焊点透锡率良好（100%），焊点内部无气孔，图 6 所示分别为 DIP 器件、PGA 器件的 X-Ray 检验照片。

对焊点进行金相分析发现焊料与元件引脚金属化层结合良好，界面结合处形成薄而均匀的 Cu6Sn5 IMC 层，焊点内部组织分布均匀，无微裂纹等产生，焊点质量能够满足标准要求。图 7 所示分别为三极管、PGA 器件引脚与焊料界面的微观组织。



a 三极管引脚焊点金相（8000×）



b PGA 器件引脚焊点金相（8000×）

图 7 引脚与焊料界面微观组织

5 结束语

本文对选择性波峰焊技术的工艺参数进行了研究，选择了具有不同元器件类型及不同覆铜面积的印制板进行了焊接。通过合理设置工艺参数，可以有效避免焊点拉尖、桥连、气孔等缺陷的产生，对焊点进行 X-Ray 检查和金相分析，焊点透锡良好，微观组织均匀，满足质量要求。综上所述，选择性波峰焊技术可有效提高通孔插装元器件的焊接质量及焊接效率，可应用于高可靠性电子产品的焊接。

参考文献

- 1 李江. 高端电子产品应用与选择性波峰焊接技术[C]. 见: 中国计算机学会第十届计算机工程与工艺学术年会. 深圳, 2006, 8~9
- 2 Gerjan Diepstraten. Selective Soldering[J]. Circuits Assembly, 2002, 13(9): 38~42
- 3 鲜飞. 选择性焊接工艺技术的研究[J]. 印制电路信息, 2006(6): 60~63
- 4 管良梅. 选择性波峰焊工艺研究要点[J]. 现代商贸工业, 2011(4): 291~292

